

# **Robotiikan lisääminen tuotannossa**

## **Case Stora Enso Packaging Oy**

Pasi Kaartinaho

Opinnäytetyö

Toukokuu 2020

Tekniikan ala

Insinööri (ylempi AMK), digitaalinen toimitusketju

Tekijä(t) Kaartinaho, Pasi	Julkaisun laji Opinnäytetyö, ylempi AMK	Päivämäärä Toukokuu 2020
	Sivumäärä 61 (94)	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: Kyllä
Työn nimi <b>Robottiikan lisääminen tuotannossa</b> Case Stora Enso Packaging Oy		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (ylempi AMK), digitaalinen toimitusketju		
Työn ohjaaja(t) Juha Sipilä		
Toimeksiantaja(t) Stora Enso Packaging Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Kilpailu aaltopahvin valmistuksen toimialalla on valtakunnallisella tasolla kovaa markkinoiden jakautuessa kolmen suuren toimijan kesken. Kova kilpailu ajaa alalla toimivat yritykset miettimään jatkuvasti uusia tapoja toimia tehokkaammin sekä kustannusten että operoinnin näkökulmasta.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia, olisiko tuotannon työvaiheiden automatisointi kannattavaa Stora Enso Packagingin näkökulmasta ja millaisia vaikutuksia investoinnilla olisi nykyiseen valmistusprosessiin. Tavoitteena oli kartoittaa tutkittavan prosessin nykytilanne ja löytää mahdolliset korvaavat toimintatavat nykyisen prosessin tehostamiseksi. Saatuja tuloksia hyödyntäen tuli valmistella investointilaskemat sekä viralliseen investointiin tarvittavat asiakirjat.</p> <p>Tutkimusmenetelmänä käytettiin sekä laadullista että määrällistä tutkimusta. Tutkimusmateriaalia suorituskyvystä kerättiin prosessin tarkkailun, tietokannan analysoinnin ja nykytila-analyysin kautta. Havainnoinnin ja tilastollisen dokumentoinnin kautta saadut tulokset saatettiin keskenään vertailukelpoiseen muotoon. Vertailukelpoiseksi saatettu materiaali analysoitiin ja määritettiin prosessin todellinen suoritearvo.</p> <p>Nykytila-analyysin lisäksi tuloksissa ilmenivät investoinnin kannattavuus, investoinnin vaikutus tutkittavaan prosessiin, investoinnin toteuttamisen edellytykset infrastruktuurillisesti ja investoinnin hyväksyntäprosessin näkökulmasta sekä virallinen investointilaskelma käytettävissä olevien tietojen pohjalta.</p> <p>Johtopäätöksenä raportissa todetaan, että tuotannon työvaiheiden automatisointi kannattaa, ja esitetään että aloitetaan tutkimuksen tuloksena saadun konseptin valmistelu viralliseksi investoinniksi.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Robottiikka, investointilaskenta, tuotannon tehostaminen, aaltopahvi		
<p>Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet)</p> <p>Kappaleet 7-9 on luokiteltu salattaviksi ja ne on poistettu julkisesta työstä. Myös näihin osioihin liittyvät liitteet on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus. Salassapitoaika on viisi (5) vuotta. Salassapito päättyy 30.5.2025.</p>		

Author(s) Kaartinaho, Pasi	Type of publication Master's thesis	Date May 2020
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 61 (94)	Permission for web publication: yes
Title of publication <b>Increasing robotics in production</b> Case Stora Enso Packaging Oy		
Degree programme Master's Degree Program in Digital Supply Chain		
Supervisor(s) Sipilä, Juha		
Assigned by Stora Enso Packaging Oy		
<p>Abstract</p> <p>Competition in the corrugated board industry is fierce nationwide, with the market divided between three major players. Tough competition is driving the companies in the industry to constantly think of new ways to operate more efficiently, both in terms of cost and operation.</p> <p>The purpose of the thesis was to investigate whether the automation of production work steps would be profitable from the viewpoint of Stora Enso Packaging and what kind of effects the investment would have on the current manufacturing process. The aim was to map the current situation of the process under study and to find possible alternative ways of operating to make the current process more efficient. Utilizing the obtained results, the investment calculations and the documents required for the official investment had to be prepared</p> <p>Both qualitative and quantitative research methods were used in the study. Research material on performance was collected through process monitoring, database analysis, and current state analysis. The results obtained through observation and statistical documentation were brought into a comparable format. The material made comparable was analyzed and the actual performance value of the process was determined.</p> <p>In addition to the analysis of the current situation, the results showed the profitability of the investment, the impact of the investment on the process under study, the conditions for implementing the investment in terms of infrastructure and the investment approval process, and the official investment calculation based on available information.</p> <p>In conclusion, the report states that the automation of production work steps is worthwhile and suggests that the preparation of the concept obtained as a result of the study <u>for official investment will begin.</u></p>		
Keywords/tags (subjects) Robotics, investment accounting, production efficiency, corrugated board		
<p>Miscellaneous (Confidential information)</p> <p>Paragraphs 7-9 are classified as encrypted and removed from public service. Attachments related to these sections have also been removed from public work. The basis for secrecy is section 24 (17) of the Act on the Disclosure of the Activities of Public Authorities (621/1999): business or professional secrecy of an enterprise. The confidentiality period is five (5) years. The secrecy ends on May 30, 2025.</p>		

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>3</b>
1.1	Stora Enso Oyj .....	3
1.2	Stora Enso Packaging Oy / Corrugated Packaging Finland .....	4
1.3	Opinnäytetyön tavoite .....	5
<b>2</b>	<b>Tutkimusasetelma .....</b>	<b>5</b>
2.1	Tutkimuskysymykset .....	5
2.2	Rajaukset ja tietoperustan määrittely .....	6
2.3	Tutkimus- ja analyysimenetelmät .....	8
<b>3</b>	<b>Aaltopahvin valmistus ja jalostus .....</b>	<b>10</b>
3.1.1	Aaltopahvi ja sen valmistus .....	10
3.1.2	Aaltopahvin jalostus .....	14
<b>4</b>	<b>Tuotannon automatisaatio-Robotiikka.....</b>	<b>15</b>
4.1	Robotin määritelmä.....	15
4.2	Tarjolla olevat robotit-Robotiikan nykytilanne .....	25
4.3	Robotiikan ja automatisaation tulevaisuus .....	28
<b>5</b>	<b>Tuotannon tehostaminen .....</b>	<b>29</b>
5.1	Tehokkuus ja tuottavuus .....	29
5.2	Prosessikuvaus.....	31
5.3	Tuotannon mittarointi ja tunnuslukuohjaus .....	32
5.4	Tuotannon tehostamisen keinot .....	34
<b>6</b>	<b>Investointilaskenta .....</b>	<b>36</b>
6.1	Investointi.....	36
6.2	Investointilaskentamenetelmät .....	38
6.3	Investointisuunnitelma.....	44
<b>7</b>	<b>Tutkimuksen toteutus.....</b>	<b>49</b>
7.1	Nykytila-analyysi.....	49
7.2	Laitetoimittajien kartoitus.....	49
7.3	Infrastruktuurin kartoitus.....	49

	2
7.4 Investointi ja sen vaiheet Stora Ensolla.....	49
<b>8 Tulokset .....</b>	<b>50</b>
8.1 Nykytila-analyysi.....	50
8.2 Valittu konseptiratkaisu .....	50
8.2.1 Valittu konsepti ja toimilaite .....	50
8.3 Infrastruktuurin tarpeet valitulla konseptilla .....	50
8.4 Investointi ja sen vaiheet Stora Ensolla.....	50
8.4.1 Yhteenveto investointilaskelmasta .....	51
8.5 Prosessikuvaus.....	51
8.5.1 Uuden konseptin prosessikuvaus (kuva 16) .....	51
8.5.2 Uuden prosessin suoritearvot .....	51
8.6 Investointianomus Stora Enso Groupille.....	51
<b>9 Johtopäätökset.....</b>	<b>52</b>
<b>10 Pohdinta.....</b>	<b>52</b>
<b>Lähteet .....</b>	<b>55</b>
<b>Liitteet.....</b>	<b>57</b>
Liite 1. Suorituskyky- ja kustannuslaskelma.....	57
Liite 2. Valitun konseptin mukainen suorituskyky ja kustannukset.....	57
<b>Kuviot.....</b>	<b>58</b>

# 1 Johdanto

Opinnäytetyössä käsiteltiin robotiikkaa ja sen vaikutusta kilpailukykyyn sekä tutkittiin, olisiko kannattavaa investoida robotiikkaan Stora Enso Packaging Oy:n Lahden toimipisteellä. Tutkittava työvaihe rajattiin koskemaan ainoastaan yhtä, tällä hetkellä täysin manuaalisesti suoritettavaa työvaihetta, jonka tehostamisella olisi mahdollista tehostaa tuotantoa ja siirtää resursseja toisiin tehtäviin.

## 1.1 Stora Enso Oyj

Stora Enso on kahden toimijan yhdistymisestä syntynyt yhtiö.

Storan toiminta on alun perin käynnistynyt jo 1300-luvulla. Ensimmäinen kirjallinen todiste löytyy vuodelta 1288 Falunin lähellä sijainneesta kuparikaivoksesta. Liiketoiminta laajeni v. 1862 Stora Kopparberg Bergslagiksi, jonka toimialoja olivat kaivos-toiminta, raudanjalostus ja puuliiketoiminta. 1970-luvulla Stora myi kaivos- ja metallitoimintansa ja keskittyi metsätalouteen, sellun ja paperinvalmistukseen (<https://www.storaenso.com/fi-FI/about-stora-enso/our-history>).

Enson toiminta alkoi v. 1872, kun norjalainen Hans Gutszeit perusti Kotkaan W. Gutszeit & Co- nimeä kantavan, suomen ensimmäisten höyrysahojen joukkoon lukeutuvan sahan. Gutszeit osti v. 1912 Enso träsliperi Ab:n. 1990-luvun loppuun mennessä Enzo-Gutszeitista oli yritysostojen ja fuusioiden kautta kasvanut Suomen suurin metsäyhtiö. Yhtiön nimi vaihtui Enso-Gutszeitista Enso Oy:ksi v. 1996 kun se fuusioitui Veitsiluoto OY:n kanssa.

Stora Enso syntyi v. 1998 suomalaisen Enso Oyj:n ja ruotsalaisen Stora Kopparbergs Bergslagsin fuusioituttua.

Stora Enso Oyj:n nykyisessä muodossaan, divisioonittain jaettuna, on pakkaus- (Packaging Solution), biomateriaali- (Biomaterials), puutuote- (Wood products) ja pa-

periteollisuuden (Paper) tuotteiden maailmanlaajuinen toimittaja, joka työllistää konsernissa noin 26 000 henkilöä yli 30 maassa. Yhtiön osakkeet on noteerattu sekä Helsingin että Tukholman arvopaperipörsseissä. Yhtiön vuoden 2018 liikevaihto oli 10,5 miljardia euroa operatiivisen tuloksen ollessa 1,3 miljardia euroa. Liikevaihdosta 73% tulee Euroopan markkinoilta. (<https://www.storaenso.com/fi-fi/about-stora-enso>. Lainattu 26.10.2019)

## 1.2 Stora Enso Packaging Oy / Corrugated Packaging Finland

Suomen aaltopahviliiketoiminnat sijoittuvat Stora Enso Packaging Solutions- divisioonan alaisuuteen. Divisioonassa on vertikaalisesti integroitu kartonkituotteet ja aaltopahvituotteet. Tällä tarkoitetaan sitä, että suurin osa, noin 70% Corrugated Packaging Finlandille tulevista raaka-aineista tulee yhtiön omilta tehtailta. Vertikaalinen integraatio helpottaa myös uusien kartonkituotteiden testausta ennen ulkopuolisille asiakkaille toimittamista. Stora Enso Packaging Solution tuotti vuonna 2018 985 kilotonnia kartonkituotteita, 1 059 Mm<sup>2</sup> aaltopahvia ja 1 344 MEur liikevaihtoa. Kartonkituotteet koostuvat kierrätyskuituisista kartongeista, puolikemiallisesta flutingista, ensikuituisista kartongeista ja säkki- sekä voimapapereista. Aaltopahvipuoella tuotevalikoima koostuu aaltopahvipakkauksista, pakkausautomaatiosta sekä myytävistä suunnittelu- ja supply chain palveluista.

Corrugated Packaging Finland käsittää Suomessa kaksi tuotantolaitosta, Lahden ja Kristiinankaupungin yksiköt. Enso Gutzeit Oy perusti Lahden yksikön alun perin vuonna 1963. Tällä hetkellä tehtaan henkilölukuun kuuluu 230 henkilöä, joista 147 on työntekijöitä ja loput 83 toimihenkilöitä.

Tämä osio on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus.

Unipak Oy on perustanut Kristiinankaupungin tehtaan vuonna 1962. Tehtaalla työskentelee 51 henkilö, joista 7 on toimihenkilöitä ja 44 työntekijöitä.

Tämä osio on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus.

### 1.3 Opinnäytetyön tavoite

Opinnäytetyön tavoite oli saada aikaan riittävän laaja selvitys ja laskelmat, joita voitaisiin hyödyntää investointikortin teossa ja rahoituksen hakemisessa konsernin investoinneista vastaavalta osastolta. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että investoinnille saadaan laskettua todellinen maksuaika, vaikutus tuotannon tehokkuuteen ja arvio siitä kuinka investointi vaikuttaa kilpailukykyyn.

Tavoitteen täyttymisen mittarina on hyväksytty investointi, jota ei todennäköisesti ehditä todeta opinnäytetyön aikana. Toissijaisena täyttymisen mittarina on investointikortin teko.

Opinnäytetyön lähtöajatuksena oli, että robotteihin investoiminen tehostaisi prosessia ja lisäisi näin työn tuottavuutta ja karsisi henkilöresursseihin sitoutuneita kuluja.

## 2 Tutkimusasetelma

### 2.1 Tutkimuskysymykset

Opinnäytetyössä lähdettiin kolmesta tutkimuskysymyksestä, jotka ohjasivat teorian keräämistä ja tutkimusmenetelmien valintaa sekä itse työn varsinaista tavoitetta, investointikortin tekoa ja investoinnin hyväksyntää.

#### **Onko taloudellisesti kannattavaa investoida robotiikkaan?**

Ensimmäinen tutkimuskysymys oli, onko taloudellisesti kannattavaa investoida robotiikkaan. Tässä tutkimuskysymyksessä mietitään molempia vaihtoehtoja, nykyisen



toimintamallin säilyttämistä sekä uuden toimintamallin luomista hyödyntäen robotiikkaa. Tarkoituksena on vertailla tarjolla olevan tiedon keräämisen jälkeen vaihtoehtoja keskenään ja tehdä niiden pohjalta päätelmä.

### **Onko mahdollista parantaa tuotannon tehokkuutta?**

Toisena tutkimuskysymyksenä oli, onko mahdollista parantaa tuotannon tehokkuutta. Käytännössä tämä rajattiin koskemaan yhden työvaiheen suorittamista ja vertailemaan nykyistä ja mahdollista uutta, roboteilla tehtävää suoritetta. Lisäksi tarkoituksena oli tutkia millä keinoilla mahdollinen robotiikan lisääminen lisää tuotannon tehokkuutta.

### **Voidaanko investoinnilla lisätä kilpailukykyä?**

Kolmantena tutkimuskysymyksenä oli, voidaanko investoinnilla lisätä kilpailukykyä. Kysymys on tärkeä, koska kilpailukyvyn lisääminen on oleellinen osa onnistunutta investointia ja hyvin toteutettuna se mahdollistaa kohdeyrityksen siirtymisen kärkisijalle rajattujen toimijoiden markkinalla, aaltopahvin jalostuksessa.

## **2.2 Rajaukset ja tietoperustan määrittely**

### **Rajaukset**

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia robotiikan lisäämisen kannattavuutta, vaikutusta tuotannon tehokkuuteen ja kilpailukyvyn lisääntymiseen. Työstä olisi tullut erittäin laaja, mikäli sitä olisi lähdetty tutkimaan koko tehtaan osalta. Tästä syystä työ rajattiin tarkasti yhteen työvaiheeseen, joka oli nykyisellään täysin manuaalisesti suoritettavaa ja joka sitoi tekemiseen henkilöresursseja. Tämä oli merkittävä rajausta siitä syystä, että kyseinen työvaihe ja tuote jota työvaiheen aikana valmistetaan, olivat myös kilpailtuja tuotteita toimittajamarkkinoilla ja kaikilla tehokkuutta ja kustannustehokkuutta parantavilla vaihtoehtoilla olisi merkittävä vaikutus kilpailukykyyn ja tulevaisuuden volyymin lisääntymiseen.

## Tietoperustan määrittely

Tietoperustaksi valittiin tutkimuskysymyksiin liittyvät aihealueet: robotiikan, tuotannon tehostamisen ja investointilaskennan. Aihealueiden valinta tukee myös työn lopullista tarkoitusta, investointikortin tekoa ja sen hyväksyntää. Aihealueet 3 ja 5 käsiteltiin pitkälti teoriapohjaisena ja käsitteet ns. selittävä lähestymistapa edellä, koska teoriaosuuden tarkoitus on selvittää perustermistöt ja niiden oleelliset ominaisuudet.

Kappaleen 3 tarkoituksena on selittää ja ymmärtää ylätasolla mitä ovat robotit ja mistä ne koostuvat sekä konkreettisesti että ilmiötasolla. Ohjelmointipuolelle ei työssä eikä teoriaosuudessa lähdetä, koska se laajentaisi työtä yli tarkoituksenmukaisen tietoalueen. Halusin selvittää, mistä robotit koostuvat ja minkälaisia hyödyntämismahdollisuuksia ne tarjoavat. Pääasiallinen tarkoitus on, että ymmärrän itse ne rajaukset, joista alamme keskustelut laitetoimittajien kanssa ja osaan vaatia oikeiden komponenttien ja ominaisuuksien sisällyttämistä niiden tarjouksiin.

Kappaleen 4, eli tuotannon tehostaminen pitää sisällään seuraavat osa-alueet: tehokkuus ja tuottavuus, prosessien mallintaminen, tuotannon tehokkuuden mittarit ja tuotannon tehostamisen keinot. Kappaleen tarkoituksena on selvittää yleisellä tasolla mitä eri osa-alueilla tarkoitetaan. Teoriaosa rajataan käsittelemään teollisen tuotannon tehokkuutta ja tuottavuutta. Halusin tällä kappaleella kerrata eri vaihtoehdot tehostamiselle ja sen mittaamiselle, avaamatta niitä kuitenkaan otsikkotasoa laajemmalle. Tämä päätös johtui siitä, että työn teoriakehyksestä olisi tullut erittäin laaja, jos kaikki tuotannon tehostamisen mallit olisi avattu käsitetasolle asti ja työn varsinainen tavoite, investointikortin teko, ei vaadi laajamittaista tehostamisen teorian hyödyntämien takia selkeästi rajatusta tutkittavasta prosessista ja sen selkeistä suorituskymittareista.

Kappaleen 5, eli investointilaskennan tarkoituksena on selvittää itselleni investointilaskennan peruseriaatteen, yleisimmät laskentakaavat ja käsitteet. Aihepiiri rajattu

käsittämään viisi yleisintä investointilaskenta menetelmää ja niihin kuuluvat peruskäsitteet. Halusin kappaleella kerrata investointilaskennan yleiset periaatteet, jotta niitä voitaisiin hyödyntää työn lopullisessa tarkoituksessa investointikortin täytössä.

## 2.3 Tutkimus- ja analyysimenetelmät

Tutkimusmenetelmäksi valikoitui kvalitatiivisen sekä kvantitatiivisen tutkimuksen yhdistelmä eli yhdistän työssäni sekä laadullista- että määrällistä tutkimusta.

Näkemykseni mukaan kyseisten tutkimussuuntien yhdistelmä palvelee parhaiten työni tarkoitusta, koska työssä on lähtökohtana Hirsijärven, Remeksen ja Sajavaaran kirjassaan Tutki ja kirjoita, määrittämä laadullisen tutkimuksen perusperiaate eli todellisen elämän kuvaaminen sekä määrällisen tutkimuksen perusperiaate käsitteiden määrittelystä ja koejärjestelyjen kautta saavutettava määrällinen, numeraalinen mittaaminen. Tutkimuksessa pyritään myös kuvaamaan tutkittavaa kohdetta mahdollisimman kokonaisvaltaisesti sekä toiminnallisesti että numeraalisesti. Tutkimuksen tarkoituksena on siis lähdettä soveltaen tässä tapauksessa löytää totuus siihen, onko robotiikan lisääminen kannattavaa. (Hirsijärvi, Remes ja Sajavaara 2009, 140,161)

Kvalitatiivisen tutkimuksen ominaispiirteitä ovat tutkimusaineiston kokoaminen luonnollisista ja todellisista lähteistä, ihmisten suosiminen tiedonkeruun instrumenttina, induktiivisen analyysin käyttö, laadullisten metodien kuten osallistuvan havainnoinnin hyödyntäminen, kohdejoukon tarkoituksenmukainen valinta, joustava tutkimussuunnitelma ja tapauksien käsittely sekä tulkinta kuten ne olisivat ainutlaatuisia. (Hirsijärvi, Remes ja Sajavaara 2009, 164)

Kvalitatiivisen tutkimustavan metodeista erityisesti osallistuva havainnointi oli suuressa osassa koska tutkimuksen kohteena olevaa prosessia toteutettiin tutkimuksen aikana päivittäin ja tutkija osallistui havainnoijana prosessiin. Osallistumisen rooliksi valittiin havainnoitsija siitä syystä, että tutkijalla ei ollut työnjohdollisessa roolissa mahdollisuutta tehdä varsinaista fyysistä suoritetta. (Hirsijärvi, Remes ja Sajavaara 2009, 217)

Kvantitatiivisessa tutkimusmenetelmässä vastaavasti keskeistä on aiempien tutkimusten johtopäätösten ja aiempien teorioiden hyödyntäminen, hypoteesien esittäminen sekä käsitteiden määrittely. Lisäksi olennaisena piirteenä on koejärjestelyjen ja aineistonkeruun suunnitelmien teko niin, että kokeiden kautta saadut tulokset soveltuvat määrälliseen, numeraaliseen mittaamiseen. Kvantitatiivisen tutkimuksen luonteeseen sopii myös tarkan perusotantajoukon määrittäminen, josta saadaan tehtyä otanta. (Hirsijärvi, Remes ja Sajavaara 2009, 140) Kvantitatiivisessa tutkimuksessa määrälliset, numeraaliset tulokset saatetaan taulukko- ja tilastollisesti käsiteltävään muotoon. Kvantitatiivisen tutkimuksen yhtenä ominaisuutena on hypoteesien käyttämisen mahdollisuus tutkimuksissa. Asetettuun ongelmaan on mahdollista asettaa ennakkoon määritetty ratkaisu tai selitys. Hypoteesien asettamisella voidaan saavuttaa tutkimuksen kannalta tehokas tapa kerätä tietoa. Tiedonkeruulla pyritään todistamaan ennakkoon asetettu hypoteesi joko oikeaksi tai vääräksi. Hypoteeseja hyödynnetään yleisimmin kuvailevissa ja kartoittavissa tutkimuksissa (Hirsijärvi, Remes ja Sajavaara 2009, 158)

Valittu tutkimustyyppien yhdistelmä mahdollisti digitaalisuuden ja robotiikan tarjoamien vaihtoehtojen tutkimisen ja hyödyntämismahdollisuuksien löytämisen. Kuten odotettavissa oli, tutkimuksen aikana löydettiin useita potentiaalisia kohteita robotiikan lisäämiseen. Tutkimus pidettiin kuitenkin tiukasti rajattuna tiettyyn prosessiin, johtuen siitä olettamuksesta, että konkreettisen lopputuloksen saavuttamisen kautta olisi mahdollista monistaa konsepti muillekin yhtiömme tehtaille.

### 3 Aaltopahvin valmistus ja jalostus

#### 3.1.1 Aaltopahvi ja sen valmistus

Laakson ja Rintamäen (2003, 13-14) mukaan aaltopahviksi kutsutaan tuotetta, jonka kahden tai useamman tasomaisen pintakartongin (liner) välissä on, aaltojen harjoista ja pintakartonkien kosketuskohdista, kiinni liimattu yksi tai useampi aallotettu (fluting) kartonki. Flutingin aaltomainen muoto syntyy, kun kartonki ajetaan koneessa sijaitsevan puristustelan ja aallotustelan välistä. Pintakartonkien välissä olevan aallotetun kartongin tehtävä on liittää pintakartongit toisiinsa ja pitää niiden välillä tietty, aallonkorkeuden mukainen etäisyys. Pintakartongit taas vastaavasti pitävät aaltopahvin koossa sekä toinen pintakartonki muodostaa tasaisen ja sileän painatuspinnan. Aaltopahvi on tuotteena paksuuteensa nähden kevyt ja jäykkä sekä sen suojausominaisuudet ovat oikein valituilla kartongeilla hyvät. Rakenne vastaa lujuusopillisesti tarkasteltuna palkkirakennetta, joka on erityisesti aallon suunnassa jäykkä ja jonka hitausmomentti on suuri.

Aaltopahvilla on Laakson ja Rintamäen (2003, 14-15) mukaan erilaisia perustyypppejä. Perustyyppit listattuna tunnistettavine ominaisuuksineen:

- Yksipuolinen aaltopahvi
  - Ainoastaan kaksi kerrosta (liner ja fluting)
  - Pintakartonki ja aallotettu kartonki liimataan aallonharjoista toisiinsa
- Kaksipuolinen yksiaaltoinen aaltopahvi
  - Kolme kerrosta
  - Kaksi lineri kerrosta, joiden välissä aallotettu fluting
  - Linerit liimattu aallonharjojen kohdalta flutingiin
- Kaksipuolinen kaksiaaltoinen aaltopahvi
  - Viisi kerrosta
  - Kaksi linerikerrosta, joiden välissä kaksi fluting kerrosta
    - fluting kerrosten välillä suora kartonki, johon aallot liimataan aallonharjoistaan
- Kaksipuolinen kolmiaaltoinen aaltopahvi
  - Seitsemän kerrosta
  - Kaksi lineria, kolme fluting kerrosta ja fluting kerrosten välissä kahdet suorat kartongit.

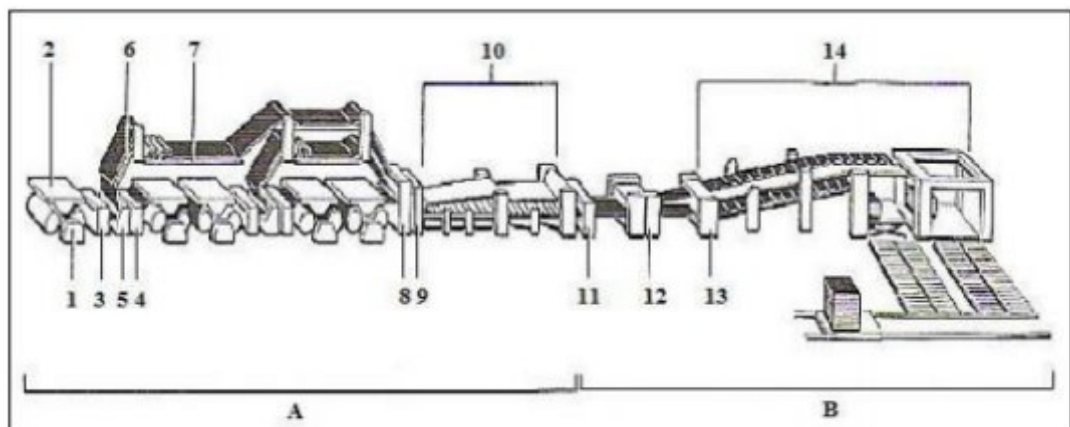
Aaltopahvin lujuus-, jäykkyys- ja suojaominaisuudet lisääntyvät suhteessa siihen, kuinka monta aallotuskerrosta pahvissa on. Erityisesti tämä nousee esille tutkittaessa pinoamislujutta ja kestävyyttä. Suojauskyky eli puhkaisulujuus, joka on riippuvainen ainoastaan pintakartongeista, nousee myös aaltojen ja sitä myötä lisääntyvän pinta-kartongin määrän seurauksena. Lähtökohtaisesti kaksiaaltainen aaltopahvi on ominaisuuksiltaan parempaa kuin yksiaaltainen aaltopahvi. Useampiaaltainen pahvi on vastaavasti myös neliömassaltaan ja laatikon painoltaan raskaampaa verrattuna vähempiaaltoiseen.

Aallotuskartonkiin eli flutingiin tehtäviä aaltolajeja on kymmenen kappaletta. Niistä yleisimmin käytetyt aaltolajit ominaisuuksineen ja tunnistettavine piirteineen ovat Laakson ja Rintamäen (2003, 15-16) mukaan seuraavat:

- A- karkea aalto
  - Aallon korkeus 5,0mm
  - Aaltoluku metrillä noin 110 kpl
  - Suurin jäykkyys, hyvä pinoamislujuus
  - Vie suhteellisen paljon tilaa paksuutensa takia
  - Painatuspinnassa mahdollisesti lievää aaltomaisuutta
  - Ei yleensä käytetä stanssitöihin murtumisalttiuden takia
- C- karkea aalto
  - Aallon korkeus noin 3,8 mm
  - Aaltoluku metrillä noin 130 kpl
  - Jäykkä, hyvä pinoamislujuus
  - Eniten käytetty, normaali laatikkomateriaali
  - Soveltuu rotaatiostanssattaville töille
- B-hienoaalto
  - Aallon korkeus noin 2,6 mm
  - Aaltoluku metrillä noin 150 kpl
  - Suhteellisen hyvä pinoamislujuus
  - Tilaa säästävä
  - Hyvät painatus ja stanssausominaisuudet
- E- miniaalto
  - Aallonkorkeus noin 1,2mm
  - Aaltoluku metrillä noin 300 kpl
  - Tilaa säästävä
  - Hyvät painatusominaisuudet
  - Jäykkä molempiin suuntiin
  - Heikommat pinoamisominaisuudet kuin suuremmilla aalloilla
  - Soveltuu pieniin koteloihin ja laminoitaviin tuotteisiin
- F- mikroatto
  - Aallonkorkeus noin 0,7 mm
  - Aaltoluku metrillä noin 450 kpl
  - Säästää huomattavasti tilaa

- Erittäin hyvät painatusominaisuudet ja hyvät stanssausominaisuudet
- Soveltuu pieniin koteloihin ja laminoitaviin tuotteisiin
- G&N- mikroaallot
  - Aallonkorkeus noin 0,5mm
  - Aaltoluku metrillä noin 550 kpl
  - Säästää huomattavasti tilaa
  - Erittäin hyvät painatusominaisuudet ja hyvät stanssausominaisuudet
  - Soveltuu pieniin koteloihin ja laminoitaviin tuotteisiin
- O- mikroaallot
  - Aallon korkeus noin 0,3mm
  - Aaltoluku metrillä noin 830 kpl
  - Säästää huomattavasti tilaa
  - Erittäin hyvät painatusominaisuudet ja hyvät stanssausominaisuudet
  - Soveltuu pieniin koteloihin ja laminoitaviin tuotteisiin.

Yllä olevassa tekstissä stanssauksella tarkoitetaan sitä, että aaltopahviin tehdään jatkojalostuskoneilla leikkauksia, viiltoja ja taivutusuria, joiden avulla saadaan aikaiseksi aaltopahvilaatikon aihio. Stanssauksessa käytetään kahta eri tapaa toimia. Tasostanssauksessa leikkuu- ja taivutusterät on kiinnitetty tasomaiseenvanerilevyyn, joka painetaan vasten jatkojalostuskoneessa vasten aaltopahviarkkia. Rotaatiostanssauksessa terät ovat kiinnitettynä kaarevaan vanerilevyyn, joka pyörii jalostuskoneessa leikaten halutun muotoisen ja kokoisen aihion.



Kuvio 1. Aaltopahvikoneen rakenne

Kuviossa 1 havainnollistettuna aaltopahvikoneen perusrakenne. A-osasta käytetään nimitystä märkä pää, B-osasta nimitystä kuiva pää. Muut osat numeroitain:

1. Rullapukki
2. Rullanvaihtaja
3. Pintakartongin esilämmitin
4. Aallotuskartongin esilämmitin
5. Aallottaja
6. Ylösvetokuljetin
7. Silta
8. Esilämmittimet
9. Liimausyksikkö
10. Arina
11. Tilauksenvaihtoleikkuri
12. Pituusleikkuri
13. Poikkileikkuri
14. Vastaanottolaitteet.

Prosessina aaltopahviarkki valmistetaan Laakson ja Rintamäen (2003, 34) mukaan seuraavasti:

1. Rullapukkiin tuodaan ajossa olevan laadun mukaiset kartongit (flutingit ja lainerit)
2. Rullapukissa oleva aallotuskartonki purkautuu ja ohjautuu lämmitettäväksi esilämmityssylinterille, jonka jälkeen se kostutetaan höyryllä. Tämän jälkeen kartonki aallotetaan aallotustelojen välissä. Välittömästi aallotuksen jälkeen levitetään aallonharjoille liima
3. Samaan aikaan edellisen vaiheen kanssa, toiselta puolelta aallottajaa puretaan pintakartonkia, joka lämmitetään ja puristetaan aallotuskartongin aallonharjoihin. Tästä muodostuu liimasauma ja syntyy yksipuolinen aaltopahvirata, joka laskostetaan ylösvetokuljettimella ylös sillalle
4. Yksipuolinen aaltopahvirata johdetaan seuraavaksi siltaa pitkin esilämmityksen kautta liimausyksikölle, jossa flutingin toisille aallonharjoille levitetään liima
5. Lopullinen, jäykkä aaltopahvirakenne muodostuu, kun esilämmitetty kolmas kartonkirata liitetään edellisen vaiheen liimaa vasten arinaosalla.
6. Arkkirata ohjataan pituusleikkurille, jossa voidaan tehdä haluttaessa nuuttaukset (painauma, jonka kohdalta pahvi voidaan hallitusti taivuttaa) ja leikata rata useamman osaan. Samalla arkkiradan reunat leikataan puhtaaksi ja leikkuujäte ohjataan erilliseen jätteenpoistojärjestelmään. Niin sanotun reunanauhan poistolla varmistetaan, että arkin sivut ovat siistit
7. Seuraavassa vaiheessa arkkirata ohjataan poikkileikkurille, joka leikkaa arkit haluttuun leveyteen
8. Leikatut arkit kulkevat rataa pitkin vastaanottoon ja vastaanotosta eteenpäin joko jatkojalostukseen tai pakkaukseen.

Aaltopahvikone käsitetään yleisesti yhtenä kokonaisena linjana, mutta käytännössä se on enemmänkin useampi erillinen, itsenäinen työvaihe valmistusprosessin sisällä. Tämä näkyy myös sinä, että jokaiselle työvaiheelle on perehdytettävä ja opetettava erikseen työntekijät. Jokainen työvaihe vaatii omaa, erillistä ammattitaitoaan ja koko



työryhmän saattaminen sille tasolle, jossa jokainen hallitsee kaikki vaiheet, vie hel-  
posti vuosia. (P.Kaartinaho, henkilökohtainen tiedonanto 28.10.2019)

### 3.1.2 Aaltopahvin jalostus

Aaltopahvikoneelta valmistetut arkit ohjataan välivarastoon odottamaan jalostusko-  
neille työstöön pääsyä. Aaltopahvin jalostuksessa on lukuisia eri työvaiheita, oleelli-  
simmat päätyövaiheet ovat kuitenkin painatus ja stanssaus.

Painatusmenetelmiä on useita, Laakson ja Rintamäen mukaan (2003, 63,66,76.) ylei-  
sin on fleksopainomenetelmä. Kyseinen menetelmä on saanut nimensä painami-  
sessa käytetystä, joustavasta painolaatasta, joka kiinnitetään erilliselle painorum-  
mulle. Yksinkertaisuudessaan fleksopainatus on rotaatiopainomenetelmä, jossa pai-  
noväri ohjataan joko kaukalosta tai suoraan värikammiosta rasteritelalle. Rasteritelan  
pintaan kaiverretuista kupeista väri siirtyy erilliselle rummulle kiinnitetylle painolaa-  
talle, joka painaa halutun kuvion pahvin pinnalle. Jokaiselle tuotteeseen painettavalle  
värille valmistetaan oma painolaatta. Uudemmissa fleksopainokoneissa on usein eril-  
linen kuivausyksikkö, joka kuivaa infrapunalamppuja tai kuumailmapuhallusta hyö-  
dyntäen, painovärit ennen seuraavan värin, lakan tai pinnoituksen painamista. Hyvillä  
tuotantokoneilla ja asiansa osaavalla henkilökunnalla on mahdollista tuottaa flekso-  
painoa hyödyntäen erittäin laadukkaan näköisiä pakkauksia.

Stanssaus tarkoittaa Laakson ja Rintamäen mukaan (2003, 78,84) työvaihetta, jossa  
aaltopahviarkki työstetään stanssityökalun avulla joko tasojen tai telojen välissä ja  
saatetaan aihio suunniteltuun muotoon. Stanssityökalut ovat aihiokohtaisia, niihin  
lisätään valmistusvaiheessa taivutus- ja leikkausterät valmiin laatikkoaihion suunni-  
teltujen ja haluttujen ominaisuuksien mukaisesti. Tasostanssauksessa aihio ohjataan  
paineilmaa ja koneen tartuntalaitteita hyödyntäen kahden levyn väliin. Työvaiheessa  
alalevy puristuu aaltopahviarkin vasten ylälevyyn kiinnitettyä stanssaustyökalua. Työ-  
vaiheen jälkeen valmiissa arkissa on tarvittavat leikkaukset ja nuuttauksset ja aihio  
siirtyy koneessa eteenpäin revintävaiheeseen, jossa irrotetaan ylimääräiset roskat  
hyödyntäen vastaavaa tekniikkaa kuin stanssausvaiheessa. Tasostanssauksella tehty

aihiot täyttävät konepakkaamisessa vaaditut tiukat mittavaatimukset ja tästä johtuen stanssattujen aihoiden merkitys käytetyistä rakennevaihtoehdoista on suuri.

Rotaatiostanssauksessa Laakson ja Rintamäen mukaan (2003, 86) hyödynnetään kahta pyörivää rumpua ja niiden välissä olevaa rummulla olevaa kaarevaa stanssaus-työkalua. Rummulla oleva kaareva stanssi leikkaa ja nuuttaa aaltopahviarkkiin suunnitellut kuviot ja stanssin leikkuuterien viereen kiinnitetyt kumit poistavat roskat aihioista heti leikkauksen jälkeen. Rotaatiostanssauksella päästään suuriin ajonopeuksiin mutta ongelmaksi muodostuu roskien poisto, lisäksi rotaatiostanssauksella ei ole mahdollista valmistaa yhtä vaativia töitä kuin tasostanssauksella.

Aaltopahvin jalostuksen tehokkuuden seurannassa käytetään mittarina tuotettuja  $m^2 / mth$  eli aaltopahvineliötä per miestyötunti. Tämä on yleisesti alalla käytössä oleva mittarointimalli ja seurannan kohde. Vuosittaisia tavoitteita asetettaessa yhtenä mittarina on  $m^2/mth$ . Tilausmäärien pysyessä suhteellisen tasaisina toimialan luonteesta ja asiakkaiden segmenteistä johtuen, joudutaan tehokkuuden nostamiseksi miettimään muitakin keinoja kuin ajomäärien nostoa. Käytännön tasolla tämä tarkoittaa työn suorittamista tehokkaammin ja vähemmällä henkilöstömäärällä. Tehokkuuden nostoon liittyvien tavoitteitten takia, pyritään jatkuvasti tutkimaan ja löytämään kohteita sekä työvaiheita, jotka voitaisiin suorittaa automaatiota hyödyntäen. (P. Kaartinaho, Henkilökohtainen tiedonanto 1.4.2020)

## 4 Tuotannon automatisaatio-Robotiikka

### 4.1 Robotin määritelmä

Termi robotti on perujaan slaavilaisesta sanasta, robota, joka tarkoittaa suoraan käännettynä pakkotyöntekijää. Termi on tiedettävästi keksitty ensimmäisen kerran 1920-luvun Tsekissä. Keksijänä toimi Karel Čapek näytelmässään R.U.R 'Rossum's

Universal Robots' (Lexico). Ensimmäiset nykyaikaiset, autonomisesti toimivat ja sähköä hyödyntävät, robotit kehitettiin Bristolissa Englannissa 1948 William Grey Walterin toimesta. (Rouhiainen 2018, 177)

Robottia teknisenä laitteena ja käsitteenä määritettäessä esiin nousevat määrittäjistä ja määrittäjäajankohdista riippumatta samankaltaisia asioita. (ks. Rouhiainen 2018; Kuivanen 1999; Siukkonen & Nietaanmäki 2019)

Robottityyppien nimeäminen perustuu robotin pääakseleihin. Tämän lisäksi robottien vapausasteet vaihtelevat mallin mukaan. Vapausasteella tarkoitetaan robotin liikuttaman kappaleen mahdollista suuntaa.

Robottien pääryhmät ovat nimeltään ja tunnistettavilta pääominaisuuksiltaan seuraavat: (ks. Rouhiainen 2018, Kuivanen 1999, T.Keinänen; M. Sumujärvi 2019.)

- Suorakulmarobotti
  - Kolme vapausastetta
  - Liikkeet lineaarisia kolmen ensimmäisen vapausasteen kohdalla.
  - Tyypillisesti robotin liike tapahtuu kiinteän rakenteen sisällä, yleisimpiä edustajia ovat portaalirobotit.
  - Käyttökohteena varasto- ja logistiikka sekä työstökoneet
- Scara-robotti
  - Neljä vapausastetta
  - Toiminta perustuu kolmeen kiertyvään niveleen. Niveliä voidaan liikuttaa vaakatasossa kohtalaisen joustavasta mutta pystytasossa tapahtuva liike suoritetaan ainoastaan viimeisen nivelen päässä olevalla johteella
  - Liike muistuttaa ihmiskäden vaakatasossa tehtyä työliikettä sillä poikkeuksella, että viimeisen nivelen päähän on asetettu pystysuunnassa liikkuva johde.
  - Käyttökohteina erilaiset kuljetinjärjestelmät ja elektroniikkateollisuuden koonpanotehtävät.
- Sylinterirobotti
  - Kolme vapausastetta
  - Yksi pystysuuntainen nivel ja kaksi vaakasuuntaisesti liikkuvaa niveltä
  - Suhteellisen pieni työskentelyalue
  - Kytkettäessä vapausasteita rinnakkain, voidaan saavuttaa suurempi työstövoima
  - Käyttökohteina pakkaus ja lajitteluovellukset
- Kiertyvänivelrobotti
  - Kuusi vapausastetta
  - Tukivarret voivat liikkua toistensa suhteen suoraviivaisesti tai kiertoliikkeellä.
  - Yleisin robottityyppi teollisuudessa
  - Käyttöominaisuuksiltaan ja ohjelmoitavuudeltaan monipuolisin.
- Yhteistoimintarobotit

- Pystyvät työskentelemään ihmisten keskellä turvallisemmin kuin muut robotit
- Yhteistoimintarobotin tärkeä ominaisuus on kyky mitata erilaisia voimia, esimerkiksi törmäys ja puristumisvoimia ja hyödyntää saatua tietoa työskennellessä turvallisesti ihmisten keskellä
- Eivät tarvitse erillisiä suoja-aitoja, suurta asennustilaa tai turvaskannereita.

Jotta laitetta voidaan kutsua robotiksi, on sen täytettävä Rouhaisen (2018, 177), Kuivasen (1999, 13) sekä Siukkosen & Nietaanmäen (2019, 322) mukaan seuraavia vaatimuksia:

- Pystyy itse liikkumaan ja liikuttamaan kappaleita niveliensä avulla
- Robotin on oltava sähköisesti ohjelmoitavissa
- Robotilla täytyy olla mahdollisuus tehdä ihmiselle liian raskaita, vaarallisia tai monotonisia töitä
- Robotin täytyy pystyä käsittelemään dataa ja fyysisiä havaintoja Kykenee havainnoida ympäristöään antureiden ja algoritmien avulla sekä oppimaan omasta toiminnastaan ja ympäristöstä
- Pystyy työskentelemään itsenäisesti.

Robotti on lähtökohtaisesti moninivel-liikkeinen kone, joka on kykeneväinen suorittamaan tietokoneohjelmoinnin pohjalta monimutkaisia ja ihmiselle mahdollisesti vaarallisia ja raskaita töitä. (Rouhiainen 2018, 176)

Robotin kapasiteetti ja käsittelykyky riippuvat pitkälti rakenteesta ja käyttötarkoituksesta. Monissa tilanteissa paras nostoteho saavutetaan mahdollisimman yksinkertaisten liikeratojen tehtävissä, vastaavasti taas liikuttaessa mikrometrin tarkkuudella mahdollisesti useaan suuntaan ohjelman aikana, robotti ei pysty toistamaan liikkeitä raskailla kuormilla.

Riikosen (1999, 13) mukaan juuri uudelleen ohjelmoitavuus ja ympäristön havainnointi erilaisten anturien kautta, ovat erittäin tärkeitä ominaisuuksia robotille. Samaa näkemystä tukee myös tuoreempi Siukkosen ja Nietaanmäen (2019, 322) esitys, jossa todetaan koneen älykkyyden tuovan lisäarvoa järjestelmän kyvykkyydelle. Koneen ympäristön havainnointi antureilla yhdistettynä oikeisiin algoritmeihin, takaa sen, että robotit pystyvät työskentelemään ihmisten kanssa.

Ympäristön havainnointi sensoreiden kautta, yhdistettynä algoritmien avulla tapahtuvaan jatkuvaan oppimiseen, tarjoaa koneille edellytyksen oppia uusia asioita sekä omasta tekemisestään että ympäristöstään. Tämä lisää myös mahdollisuutta sille, että koneille kehittyy kyky tehdä omatoimisia päätöksiä ja saavuttaa ns. ihmismäinen tajunnan taso. Vielä ei kuitenkaan ole saavutettu tasoa, jossa kone pystyisi tekemään uusia toimintoja ilman uudelleen ohjelmointia. (Rouhiainen 2018, 177)

Lähtökohtaisesti robotteja pyritään hyödyntämään sellaisissa tehtävissä, jotka ovat ihmiselle liian vaarallisia, raskaita, monotonisia tai lähes mahdottomia. (ks. Rouhiainen 2018; Kuivanen 1999) Robottien tarkoitus on siis helpottaa ihmisten elämää ja työskentelyä. Suurin osa tällä hetkellä käytössä olevista roboteista työskentelee teollisuuden parissa. Useissa tapauksissa robotti hankitaan suorittamaan yksinkertaista ja raskasta työvaihetta, jossa olisi ihmisillä teetettynä korkea riski loukkaantumisille tai muille työterveydellisille ongelmille. Tyypillisin esimerkkikohde roboteille on autoteollisuuden hitsausrobotit. Tyypillisessä prosessissa auton kori kulkee linjaa pitkin ja linjalla olevat hitsausrobotit tekevät auton saapuessa robotin kohdalle tietyt, ennakoon ohjelmoidut hitsausseamat.

Määritettäessä robottia kokonaisuutena, siihen sisältyy myös seuraavia osia ja osa-alueita. Robotin osa-alueet ovat olleet hyvin pitkälti samanlaisia jo pitkään (vrt. Kuivanen 1999, Keinänen 2019). Ylätasolla robotti koostuu pääasiallisesti seuraavista osa-alueista:

- Pneumatiikka
- Hydraulikka
- Anturit
- Ohjelmoitavat ohjauslaitteet ja järjestelmät
- Mekaaniset rakenteet ja tarraimet
- Sähkömoottorit
- Oheislaitteet
- Liitännät ulkopuolisiin tietokoneisiin.

Pneumatiikalla tarkoitetaan yleisellä tasolla paineilman ja painekaasujen ohjaamista tekniseen käyttöön. Erityisenä etuna paineilmassa on se, että sen avulla voidaan toteuttaa nopeitakin liikkeitä turvallisesti, kun pientäkin painetta hyödyntäen. Toisena

hyvänä puolena voidaan pitää sitä, että kohtuullisilla etäisyyksillä työskennellessä painehäviöt ovat maltillisia ja energiaakin kuluu ainoastaan eri laitteita käytettäessä. Lisäksi järjestelmästä poistuvalla ilmalla ei tarvitse rakentaa erillisiä linjoja vaan sen voi päästää suoraan koneen ympäristöön. Paineilman huonona puolen on se, että ilma on kokoonpuristuvaa, tämän takia on haastavaa ja kallista tehdä liikeohjaukseen tarkkaa paikoitusta. Lähtökohtaisesti paineilma soveltuu sellaisissa tilanteissa käytettäväksi, joissa kappale on kevyt, liike tapahtuu rajalta rajalle, vaaditaan hygieenisyyttä ja nopeita liikeitä, tartunnan on oltava pehmeä tai toimitaan palo- ja räjähdysvaarallisessa ympäristössä. Robottien kohdalla pneumatiikkaa hyödynnetään useimmissa tapauksissa koneisiin kiinnitetyissä tarttujissa. Tarttujaan tuotetaan ejektorin avulla alipaine, jota hyödynnetään keveiden kappaleiden poimimisessa. (Keinänen 2019, 82-84)

Hydrauliikalla ja hydrauliikkajärjestelmällä tarkoitetaan Keinäsen (2019, 142) mukaan sitä, että mekaanisen liikkeen kautta synnytetty teho muutetaan hydrauliseksi tehoksi eli paineenalaiseksi nesteeksi, joka sitten kuljetetaan putkia tai letkuja pitkin kohteeseen, jossa se muunnetaan taas mekaaniseksi liikkeeksi. Tehonsiirto voidaan toteuttaa joko hydrostaattisesti tai hydrodynaamisesti. Hydrostaattisessa tehonsiirrossa energia on varastoituna paineenalaiseen nesteeseen, vastaavasti taas hydrodynaamisessa tehonsiirto perustuu nesteen liike-energiaan. Hydrauliikan selkeänä etuna on se, että sillä pystytään tuottamaan pienemmilläkin laitteilla suuria voimia ja momentteja ja liikuttamaan kappaleita sekä hitaasti että nopeasti. Hydrauliikkaa hyödyntäen kappaleen liike voidaan käynnistää täydellä kuormalla ja tästä huolimatta voidaan pehmeästi säätää voimaa, nopeutta ja momenttia niin että ylikuormituksen vaaraa pystytään vielä helposti hallitsemaan. Positiivisena puolena on myös se, että hydraulienergiaa on helppo varastoida ja muuttaa mekaaniseksi energiaksi. Hydrauliikkajärjestelmien huonona puolena on ainoastaan kohtalaisen hyvä hyötysuhde. Hyötysuhteella tarkoitetaan sitä, kuinka paljon tehoa haihtuu pois lämpöenergiana, muutettaessa mekaanista energiaa hydrauliseksi energiaksi ja päinvastoin. Tämän lisäksi hydraulinesteenä käytettyjen aineiden ominaisuudet sekä nesteen ja järjestelmän liikaantuminen saattavat vaikuttaa prosessiin.

Antureilla ja lukijoilla mitataan robottien liikettä nivelistä ja akseleista. Antureiden antamien pulssien ja robotin liikkeelle lähtiessä tekemän kalibroinnin perusteella robotti pystyy tulkitsemaan liikekulmansa ja liikematkansa. Käytettäessä absoluuttista pulssianturia, joka tietää jatkuvasti paikkansa, ei tarvita pulssien jatkuvaa laskentaa. (Kuivanen 1999,30-32) Anturien ja erilaisten lukijoiden päätasot ja tyypillisimmät ominaisuudet Keinäsen mukaan: (2019, 209-223)

- Induktiivinen anturi:
  - Teollisuudessa eniten käytetty
  - Tunnistaa metalliesineen läheisyyden 2-20mm matkalta
  - Tunnistus tapahtuu tuntokelalla, joka on osa värähtelypiiriä. Tuntokelan magneettivuon piiriin metallia tuotaessa syntyy pyörrevirtoja, jotka kuormittavat värähtelypiiriä ja kuormituksen lisääntyessä värähtely pysähtyy. Näin saadaan tieto tunnistuksesta
  - Voidaan käyttää pienten kappaleiden tunnistukseen ja lajitteluun
  - Voidaan toteuttaa myös kosketukseton lineaarimittaus lyhyillä matkoilla (0-40mm)
- Kapsatiivinen anturi:
  - Käytetään, kun tunnistettava aine ei ole metallia
  - Kosteus, pöly ja lämpötila vaikuttavat tunnistusetäisyyteen. Tunnistusetäisyys 10-40mm
  - Voidaan tunnistaa kohteita myös lasin, muovin ja pahvin läpi säätämällä anturin herkkyyttä
  - Tunnistuseriaate sama kuin Induktiivisessa anturissa, magneettikenttään perustuva.
- Mekaaninen anturi:
  - Käytetään myös nimeä rajakytkin
  - Pitkälti korvattu induktiivisilla tai muilla puolijohderakenteisilla antureilla. Pakollinen käyttää hätäseis piireissä.
  - Tunnistus tapahtuu mekaanisella tunnistimella kosketuksen perusteella
  - Koskettimet voivat olla avautuvia tai sulkeutuvia
  - Toiminta voi tapahtua momentin avulla tai ilman. Ilman momenttia tapahtuvassa tunnistuksessa liikenopeus oltava suuri, yli 1 mm/s jotta vältytään kippinöinniltä kontaktien välillä sekä yhteen palamiselta. Momentin avulla tapahtuvissa tunnistuksissa liikenopeus on varmistettu jousivoiman avulla
- Magneettikytkimet
  - Jaotellaan toimintaperiaatteen mukaisesti Reed-kytkimiin, magneettisiin sylinteriantureihin ja Hall-tekniikkaan perustuviin magneettiantureihin
    - Reed-kytkimen toiminta perustuu kiinteään ulkopuoliseen magneettiin, tunnistusetäisyys 4-40mm
    - Magneettisen sylinterianturin toimintaperiaate on sama kuin induktiivisella lähestymiskytkimellä, kytkin aktivoituu männässä olevan magneettirenkaan vaikutuksesta kohteen tullessa magneettikenttään.
    - Hall-magneettianturi reagoi magneettivuossa tapahtuvaan muutokseen. Hyvinä ominaisuuksina mm. hyvä värinänkesto, suuri toistotarkkuus, pitkä tunnistusetäisyys 60mm asti ja laaja käyttölämpötila.
- Optinen anturi

- Toiminta perustuu lähettimen ja vastaanottimen välillä tapahtuvaan valopulssin siirtoon. Pulssin taajuus 1-10 kHz
- Vastapareina voidaan käyttää lähetin-vastaanotinparia, peiliheijasteista anturia, kohdeheijasteista anturia tai kuituvalokennoa.
- Tunnistus tapahtuu valonsäteen katketessa
- Hyvinä puolina useiden metrien tunnistusetaisyys, laaja käyttölämpötila ja hyvä ulkopuolisen häiriön sietokyky
- Väri- ja kontrastianturit
  - Mittaa ja tunnistaa nimensä mukaisesti pinnan värejä lähettämällä sinistä, vihreää tai punaista valoa.
  - Anturi tulkitsee kohteesta takaisin heijastunutta valoa ja vertaa sitä aiemmin säädettyihin referenssiarvoihin. Jos väriarvot ovat ennakkoon säädettyjen referenssiarvojen puitteissa, anturin lähtö aktivoituu
- Laseranturit
  - Perustuu heijastuvan valon kulkuajan mittaukseen tai valonsäteen kolmiointi-mittausmenetelmään.
  - Voidaan käyttää paikoitukseen, koon valvontaan, värinän mittaukseen, etäisyyden sekä paksuuden ja korkeuden mittaukseen, muodon profilointiin.
  - Laserissa käytettävän valon voimakkuus on määritetty EN 60825-standardissa, ainoastaan luokan 1 antureita saa käyttää ilman varoituskylttejä samassa tilassa ihmisten kanssa
  - Mittaustieto joko analogisena tai digitaalisena viestinä
- Ultraäänianturit
  - Soveltuvat vaikeisiinkin olosuhteisiin
  - Voi olla joko kytkevä tai mittaava
  - Anturissa on sekä lähetin että vastaanotin, toiminta perustuu äänen kulkuajan mittaamiseen.
  - Voidaan hyödyntää erilaisissa pinnankorkeuden mittauksissa, kappalemäärien mittaamisessa ja hihnojen kireyden mittaamisessa
- Resolveri
  - Käytetään pyörivän liikkeen anturina
  - Tarkkuus hyvä, jopa 7 kulmasekunttia
  - Toiminta perustuu sisäkkäin oleviin käämeihin, joista sisemmät kiinnitetty pyörivään akseliin. Periaatteellinen toiminta vastaa pyörivää muuntajaa.
- Potentiometri
  - Voidaan mitata liikematkaa ja kiertymäkulmaa
  - Hyvä tarkkuus, alle 0,5 astetta
  - Kiertymäkulma rajattu 300-350 asteeseen
- Valoverhot
  - Joko kytkevä tai mittaava
    - Kytkevää käytetään, kun tunnistettavat kappaleet ovat epäsäännöllisiä tai liikkuvat eri kohdista
    - Tunnistaa jopa muutaman millimetrinkin kokoiset kappaleet
    - Mittaavaa käytetään profiloinnissa, laaduntarkkailussa, reunan seurannassa ja kappaleen mittauksessa
    - Mittaavan valoverhon resoluution voi olla jopa muutamia millimetrejä
- Viivakoodinlukijat
  - Jaotellaan seuraaviin osa-alueisiin ominaisuuksiensa mukaan
    - Laserlukijat
      - Soveltuvat yhdessä suunnassa tietoa sisältävän 1D-koodin lukuun.



- Toiminta perustuu peilijärjestelmään, jossa kohteeseen heijastettu valo palaa takaisin lähettimeen sen mukaan onko se osunut viivakoodin viivaan vai viivojen väliin. Lähetin tekee tulkinnat koodista tämän perusteella
- Luettava koodi oltava aina samassa kohdassa, jos käytetään asemoivaa lukijaa
- CCD-lukijat
  - Perustuvat kameratekniikkaan, voi käyttää vain 1D-koodin lukuun
  - Lukupään valonlähde koostuu ledeistä, jotka kohdistuessaan viivakoodiin, heijastuvat takaisin lukupäähän. Heijastuvasta valosta muodostetaan elektroninen kuva ja viivakoodi tulkitaan sen perusteella
- Kameralukijat
  - Voivat tulkita yksirivistä 1D koodia, vaaka- ja pystyriveissä tietoa sisältävää QR- eli 2D-koodia ja suoraan tuotteisiin sijoitettua DPM-koodia. DPM-koodin voi sisältää esimerkiksi sarjanumeron, yrityksen tunnisteen ja 2D-koodin. Merkintä tehdään tavallisesti laserilla, pistemerkintänä, etsaamalla tai kaivertamalla
  - Viivakoodi valaistetaan kameran valonlähteellä, valaistu viivakoodi heijastuu kameran sisällä oleviin valoherkkiin elementteihin muodostaen analogisen signaalin. Analoginen signaali siirretään dekooderille, joka muuttaa sen digitaalisesti tulkitavaan muotoon
- RFID- lukijat
  - Radiotaajuudella toimiva etätunnistustekniikka
  - Järjestelmä koostuu lukulaitteista, antureista ja tunnisteta-geista, joille tieto on tallentunut
  - Kolmea eri tyyppiä:
    - Aktiivinen, joka sisältää oman virtalähteen, tunnistusetaisyys kymmeniä metrejä
    - Passiivinen, joka saa virtansa kirjoitus-/lukulaitteesta radioaaltosignaalien avulla. Tunnistusetaisyys 10 mm-5 m
    - Puolipassiivinen, joka sisältää oman virtalähteen mutta ei lähetintä
  - Erinomainen käytettäväksi sovelluksissa, joissa likaisuus ja hankalat olosuhteet vaikeuttavat optista lukua.
  - Muita positiivisia ominaisuuksia ovat helppo liitettävyyys muihin automaatiojärjestelmiin sekä nopeat lukutapahtumat sekä tietojen uudelleen kirjoittamisen mahdollisuus
- Konenäköjärjestelmät
  - Käytetään automatisoituihin tarkastus, paikoitus ja mittaus-tehtäviin sekä yleisesti robotin tarttujan paikoitukseen kap-paleita poimittaessa
  - Hyödynnettävät kamerat:
    - 1D-kameroita viivamaisen tiedon lukemiseen (viiva-koodien luku). Kohteen liikkuaessa voidaan tulkita harmaasävyyn tai värin perusteella
    - 2D-kameroita paikoitus-, luku- ja mittaussovelluk-siin. Mittaus ja tunnistus voidaan tehdä kohteen liik-kuessa

- 3D-kamera voidaan muodostaa kuvattavasta kohteesta kolmiulotteinen kuva ja hyödyntää tätä esimerkiksi virheellisten tuotteiden tunnistamiseen.

Robotin antureita valittaessa on osattava ottaa huomioon, millaisessa ympäristössä robotti työskentelee ja kuinka tarkkaa tulkintaa ja seuranta siltä edellytetään. Tarpeeseen oikein valituilla antureilla on mahdollista päästä tarkkaan lopputulokseen ja saada aikaan merkittävää hyötyä myös laaduntarkkailussa.

Ohjelmoitavilla ohjauslaitteilla tarkoitetaan automaation ohjauslaitteita, jotka vastaanottavat antureilta tietoa ja suorittavat niiden perusteella ohjausohjelman määrämät laitteiden ja koneiden ohjaustoimenpiteet.

Jaottelu tapahtuu logiikoiden rakenteen perusteella joko kompakti- tai modulaarisiin logiikoihin. Näistä kahdesta rajoitetumpi on kompaktilogiikka, joka on tarkoitettu lähinnä pieniin koneohjaustehtäviin rajoitetun laajennettavuutensa takia. Modulaarinen logiikka koostuu pääasiallisesti virtalähteestä, keskusyksiköstä sekä tarpeellisesta määrästä I/O- liitäntäyksiköitä. Näiden lisäksi tavallisesti liitännäisistä mukana ovat myös tiedonsiirto-, liikkeenohjaus- ja paikoitusyksiköt. Paikoitusyksiköiden avulla ohjataan Keinäsen (2019, 253) mukaan tarkkaa paikoitusta tarjoavaa askelmoottoria ja suurta tarkkuutta tarjoavaa servomoottoreita sekä hydraulikka- ja pneumatiikkasyntereitä.

Logiikoita ohjelmoitaessa on huomioitava, että yhden ohjelman tulee olla aina ns. pääohjelma, joka hallitsee kokonaisuutta. Ohjelmointi noudattaa IEC 1131-3 standardia, itse ohjelmointi voi tapahtua joko strukturoituna tekstinä tai graafisena sekvenssiohjauksena.

Mekaanisilla rakenteilla ja tarraimilla tarkoitetaan koneen runkoa ja koneen nivelten kärjessä olevia työkaluja. Mekaanisista rakenteista oleellisimpia ovat jalusta, käsivarret, ranne ja työkalulaippa. Nämä toki vaihtelevat robotin tyyppin mukaan mutta yleisimmässä eli kiertyvänivelisessä robotissa oleellisimpia ovat yllä mainitut neljä rakennetta. Keinäsen (2019, 309) mukaan kutakin niveltä kohti on yleensä yksi toimilaite, joka sisältää moottorin, vaihteiston, jarrun ja pulssianturin. Nivelien ja käsien liikkeitä

ohjataan joko servo- tai askelmoottoreilla ja asentoja mitataan resolverien, pulssiantureiden ja potentiometrien avulla. Antureilla, seurataan tarraimen toimintaa kuten esimerkiksi onko tarrain auki vai kiinni, onko tarrain tyhjä, onko kappale löydetty tai pysyykö kappale kiinni.

Tarranten ja muiden robotin työkalujen valintaan vaikuttaa pitkälti käyttötarkoitus ja käsiteltävän materiaalin ominaisuudet. Tarranten lisäksi robotin käsivarsien päähän on saatettu lisätä työkaluiksi esimerkiksi hitsauspistoolleita, maaliruiskuja, jyrsin ja hiontalaitteita, polttoleikkaustyökaluja, ruuvaus- ja niittaustyökaluja tai liimasuuttimia (Kuivanen 1999, 60) (Keinänen 2019, 309). Tarraimia on Kuivasen (1999, 60-64) ja Keinäsen (2019, 309) mukaan erilaisia, pääryhmittäin ja tunnistettavine ominaisuuksineen:

- Mekaaniset tarraimet
  - Yleisimmin sormitarraimia
  - Koostuu mekanismista, toimilaitteesta, sormista ja kynsistä
  - Sisältää tavallisesti kahdesta neljään sormea mutta on mahdollista käyttää myös useampisormisiakin
  - Avautuvia tai sulkeutuvia
  - Tarttuminen tapahtuu kappaleen muodon tai kitkan avulla
- Imu- ja tyhjiötarraimet
  - Tartutaan kappaleeseen yleensä yhdeltä suunnalta
  - Tavallisesti muoviset tai kumiset imukupit
  - Tartunta perustuu alipaineeseen, irrotus paineen poistoon
  - Vaativat tasaisen, puhtaan ja riittävän ison nostopinnan
  - Tartunta toteutettava kappaleen keskipisteestä ja vältettävä sivuttaissuuntaista kuormitusta tarttujan ja kappaleen välillä
  - Haasteena pölyisissä ympäristöissä toimiminen
- Magneettitarraimet
  - Voidaan käyttää vain magneettisille aineille
  - Tarvitaan riittävän suuri tasainen tartunta-alue, magneettikenttä heikkenee ilmaraon kasvaessa
  - Nostovoimaan vaikuttavat kappaleen materiaali, tartuntapinnan muoto ja magneetin lämpötila
  - Voidaan käyttää joko kesto- tai sähkömagneetteja
    - Kestomagneetilla tarvitaan irrotuslaite, voidaan toteuttaa esimerkiksi paineilman avulla
    - Sähkömagneetilla voidaan irrotus toteuttaa kääntämällä magneettikentän suunta.

Tarraimia valittaessa on oleellista miettiä, soveltuuko valittu tarrain kyseiseen työtehtävään ja palveleeko se kokonaisuutta. Oleellista on huomioida myös ympäristö, jossa robotti työskentelee koska ympäristöstä aiheutuvat häirttekijät kuten pöly ja

yleinen likaisuus saattavat vaikeuttaa tarttujan toimintaa ja näin muuttaa merkittävästi.

## 4.2 Tarjolla olevat robotit-Robotiikan nykytilanne

Suurin osa tällä hetkellä käytössä olevista roboteista toimii teollisuuden parissa. Enevissä määrin niitä on alettu myös käyttää muissakin kohteissa kuin roboteille perinteisesti mielletävissä ympäristöissä ja työtehtävissä. Jaon voikin tehdä palvelurobotteihin ja teollisuusrobotteihin niiden käyttötarkoituksen mukaisesti. Hyvänä esimerkkinä palvelurobotista voidaan pitää nykyään jo useammasta kodista löytyvää automaattista imuria tai ruohonleikkuria. Rouhaisen (2018, 178) mukaan tällä hetkellä laajimmalle levinnyt kotitalousrobotti on nimeltään Roomba. Se on pieni, pyöreä ja uudelleenohjelmoitavissa oleva imurirobotti, joka pystyy liikkumaan ympäristössään hyödyntäen sisäänrakennettuja sensoreitaan. Roombaa on myyty sitä valmistavan yrityksen mukaan yli 14 miljoonaa kappaletta jo vuonna 2016.

Robottien käyttö sairaaloissa ja terveydenhuollossa on myös lisääntynyt. Esimerkiksi vaativissa leikkauksissa voidaan käyttää leikkausrobottia. Robotin etu ihmiseen verrattuna on liikkeen tasaisuus ja mahdollisten inhimillisten erheiden minimointi huolellisella ohjelmoinnilla sekä pääsy alueille, jonne ihmisellä ei ole mahdollisuutta päästä pienten liikkumaolosuhteiden takia. Rouhaisen (2018, 181) mukaan v.2016 eniten toiminnassa olevia robotteja oli Japanissa, jossa tuolloin oli 310 508 toiminnassa olevaa robottia. Toista sijaa piti Yhdysvallat 168 623 kappaleella robotteja ja kolmantena Saksa 161 988 kappaleella toiminnassa olevia teollisuusrobotteja. International Federation of Roboticsissa ([www.irf.org](http://www.irf.org), lainattu 1.10.2019) artikkelin, Executive Summary World Robotics 2019 Industrial Robots, julkaisun mukaan suurimpien robotteja käyttävien maiden joukossa ovat Kiina, Japani, Yhdysvallat, Korea ja Saksa. Kiinan nousu merkittävimmäksi markkinaksi teollisuusrobottien alueella kuvaa hyvin sitä, kuinka paljon Kiinassa tuotetaan tällä hetkellä hyödykkeitä ja kuinka suuri tarve tuotannon kasvattamiselle on ollut. Pelkästään vuonna 2018 Kiinaan asennettiin 154 032 teollisuusrobottia, joka on enemmän kuin Euroopan maihin ja Yhdysvaltoihin yhteensä.

Rouhiais (2018) mukaan maat, joissa on korkea määrä robotteja suhteessa työläisten määrään, erottuvat selkeästi muita maita alemmista työttömyysluvuista tilastoja tutkittaessa. Rouhiais (2018, 182) mukaan vuosien 2000 ja 2016 välillä on syntynyt robotiikan alalle arviolta 9-12 miljoonaa uutta työpaikkaa. Samalla kun robotit syrjäyttävät ihmisiä normaalista tuotannon tehtävistä, luovat robottien suunnittelu, valmistus ja ohjelmointi vastaavasti uusia työpaikkoja. Yleisimmät alueet, joilla teollisuusrobotteja käytetään ovat järjestyksessä seuraavat. Suurimpien toimialojen kohdalla listattuna myös vuosittaiset kasvut: (www.ifr.org, lainattu 1.10.2019)

- Autoteollisuus
  - Teollisuusrobottien asennuksen kannalta tärkein toimiala. Lähes 30% kaikista teollisuusroboteista asennetaan tämän alan tehtaisiin.
  - v.2018 robotteja oli asennettu 125 581 kappaletta
  - Vuosien 2013 ja 2018 välillä kasvua asennusten määrässä on tapahtunut vuosittain 13 %
- Sähköteollisuus
  - Määrä sisältää tietokoneet ja laitteet, tv ja kommunikointilaitteet, terveys- ja optiset laitteet
  - v. 2018 robotteja käytössä 105 153 kappaletta
  - Vuodesta 2013 lähtien vuosittaiset asennukset nousseet 24%
- Metalli ja työstävä teollisuus
- Muovi- ja kemianteollisuus
- Ruokateollisuus
- Muut teollisuuden alat
- Määrittämättömät alat.

Johtava toimija robottien kehityksen alalla on Rouhiais (2018, 186-189) mukaan Boston Dynamics. Yritys on saanut alkunsa Massachusetts Institute of Technologyn (MIT) projektista saada aikaan robotti, joka liikkuu kuin eläin. Aluksi suurin osa projekteista oli armeijan rahoittamia. Tilanne muuttui vuonna 2013 kun Google (Alpha-bet Inc.) osti kyseisen yrityksen. Myöhemmin omistus siirtyi v. 2017 Softbankille. Se, miksi Boston Dynamics on edelläkävijä alallansa, johtuu siitä, että yrityksen tekemät robotit ovat sekä suunnittelultaan, ulkomuodoltaan ja toiminnaltaan erittäin viimeistelyjä. Robotit ovat pystyneet suorittamaan haastavia tehtäviä, joita ei ole aiemmin pystytty suorittamaan. Yrityksen tunnetuimpia robotteja ovat Handle, Spot, Spot Mini sekä Atlas.

Handle robotin erikoisuutena on pyörien ja raajoja yhdistäminen samaan robottiin. Tällä yhdistelmällä mahdollistetaan se, että robotti pystyy liikkumaan nopeasti tasaisella alustalla pyöriään hyödyntäen ja vastaavasti liikkumaan jalkojaan hyödyntäen lähes kaikilla alustoilla. Robotissa on kymmenen niveltä, jotka mahdollistavat raskaidenkin kohteiden noston ja liikuttelun erilaisissa tiloissa. Robotti pystyy liikkumaan täyteen ladattuna noin 24 kilometriä 14,4 km/h nopeudella ja se voidaan varustaa sekä hydraulisilla että sähkötoimisilla toimilaitteilla.

Spot on 12 nivelinen, sähkötoiminen ja hydraulisilla toimilaitteilla varustettu ulkomuodoltaan eläintä muistuttava robotti, joka kehitettiin alun perin TED 2017 konferenssiin. Spotin alkuperäinen tarkoitus oli tutkia mahdollisuuksia Boston Dynamicsin tuotteiden kaupallistamiseen. Spottia koekäyttöä suoritettiin hyödyntäen sitä pakettien kuljetuksessa yhtiön työntekijöille, tällä saatiin määritettyä koneen kykyjä ja ulkomuotoa. Robotti on suunniteltu toimimaan yhdellä latauksella 45 minuuttia sekä sisä- että ulkotiloissa, huomioiden ympäristönsä esteet.

Spot mini on pienempi versio Boston Dynamicsin robottikoirasta, joka on suunniteltu avustavaksi laitteeksi kotiin, toimistoon ja ulkotiloihin. Spot mini pystyy kantamaan lähes 14 kg ja sillä on 17 liikkuvaa niveltä sekä kyky kiivetä rappusia. Spot mini painaa itsessään 11,3 kilogrammaa ja kykenee juoksemaan 90 minuuttia täyteen ladattuna. Spot minin erikoisuutena on suurempaa versiota parempi liikkuvuus ja erillinen käsi, jolla se voi poimia ja toimittaa kappaleita. Robotissa on varusteena myös stereo- ja syvänäkökamerat sekä tasapainosensorit raajoissa. Boston Dynamics väittää, että Spot mini on heidän hiljaisin rakentamansa robotti.

Atlas robotissa on 28 liikkuvaa niveltä, jotka kykenevät tuottamaan suuriakin voimia hyödyntäen erikseen räätälöityjä moottoreita, venttiileitä ja hydraulikkayksiköitä. Atlaksen maksiminopeus on 1,5 m/s, sen liikkumisessa hyödynnetään edistysellistä ohjausjärjestelmää ja algoritmeja, jotka huomioivat ympäristönsä ja sopeuttavat robotin liikkeen ympäristön mukaiseksi. (<https://www.bostondynamics.com/atlas>, Lainattu 14.10.2019)

### 4.3 Robottiikan ja automatisaation tulevaisuus

Valtionvarainministeriön julkaisun, (Pilkahduksia tulevaisuuteen 2019, 44-45) mukaan cobottien, eli ihmisten kanssa yhteistyötä tekevien robottien määrän odotetaan kasvavan lähes 70% vuoteen 2023 mennessä suhteessa vuoden 2018 lukumääriin. v. 2018 markkinan koko oli noin 300 000 000\$ suuruinen. Vastaavaa odotetaan myös kuntoutus- ja matkailualan robottien sektoreille. Valtionvarainministeriön julkaisussa ilmaistun näkemyksen (2019, 49) mukaan olisi tavallista, että vuonna 2030 kodeista löytyisi erilaisia monitoimirobotteja, jotka auttaisivat ihmisiä jokapäiväisissä tehtävissä ja helpottaisivat arjessa selviytymistä. Erityisesti vanhukset ja vammaiset voisivat hyötyä näistä kotiapulaisena toimivista roboteista. Rajoittavana tekijänä kodin monitoimirobottien läpilyönnille on Valtionvarainministeriön (2019, 51) julkaisun mukaan kolme eri tekijää. Ensimmäisenä tekijänä on autonomisuus. Robotit ovat edelleen riippuvaisia navigointijärjestelmistä ja tämä aiheuttaa sen, että niiden liikkuminen kodeissa ei ole riittävän turvallista ja ketterää. Toisena tekijänä on luotettavuus. Robottien tulee olla toiminnaltaan eettisesti kestäviä. Oleellista on, että ne pystyvät hoitamaan niille osoitetut tehtävät turvallisesti ja täsmällisesti, niiden on myös omattava sen verran omaa älyä, että pystyvät sammuttamaan hallitusti itsensä esimerkiksi yhteyden katketessa palvelimelle tai havaitessaan hakkerointiyrityksen. Tämä niin kutsuttu lähiäly on tärkeää myös robotin ympäristöstä keräämän tiedon käsittelyssä. Sensoreiden, konenäön ja puheentunnistuksen kautta ympäristöstään keräämän tiedon osalta on osattava päättää, mikä tieto on tarpeellista jokapäiväisessä elämässä ja mikä tallennetaan myöhempää käyttöä varten. Koska tulevaisuuden robotit ovat myös liikkuvia datakeskuksia, on huolehdittava tuotetun datan omistusoikeuden selkeydestä. (Pilkahdus tulevaisuudesta 2019, 52). Kolmantena tekijänä monitoimirobottien lisääntymisen edistäjänä on valmistajien osaaminen. Valtionvarainministeriön julkaisun (Pilkahdus tulevaisuudesta 2019, 52) mukaan Suomessa olisi tarjolla teknologiaosaamista ja koulutusvalmiuksia mutta yhtenä jarruttava tekijänä robotisaation lisääntymiselle on puuttuva investointiosaaminen. Robotteja ei ole mielletty osaksi liiketoimintamallia tai yhteiskuntaa ja tämän takia niiden potentiaalia ei osata hyödyntää. Oleellista olisi ottaa käyttöön laaja-alaiset vaikutta-

vuusarvioinnit, jotta voitaisiin saada selkeä käsitys siitä mitkä ovat robottien todelliset taloudelliset ja yhteiskunnalliset vaikutukset. (Pilkahdus tulevaisuudesta 2019, 53)

Graetzn ja Michaelsin tekemässä analyysissä (Robots at work 2018) vertailtiin seitsemässätoista maassa vuosien 1993 ja 2007 välillä kerättyä tietoa robottien vaikutuksesta talouteen. Analyysissä havaittiin, että vuotuinen työn tuottavuus on noussut robottien ansiosta 0,36%. Lisäksi robottien käyttö oli nostanut kokonaistuottavuutta ja laskenut valmistushintoja. Havaittiin myös, että robottien käytöllä ei ollut vaikutusta kokonaistyöllisyyteen, mutta sillä saattaa olla matalasti koulutettujen työntekijöiden määrän vähentämiseen johtava vaikutus.

Näiden tietojen pohjalta voidaan todeta, että robottien lisääminen entisestään olisi perusteltua sekä tuottavuuden että työn muutoksen näkökulmasta. Muuttamalla mekaaniset, yksinkertaiset työvaiheet robottien tehtäväksi, voitaisiin vapauttaa matalasti koulutettua kapasiteettia uudelleen koulutuksiin ja erilaisiin koneiden valvonta ja suunnittelutehtäviin.

## **5 Tuotannon tehostaminen**

### **5.1 Tehokkuus ja tuottavuus**

Kuten Seppo Saaren (2006, 95) mukaan tuottavuuden laskemiseen ja määrittämiseen ei ole olemassa yhtä ainutta absoluuttista totuutta ja teoriaa, mutta kaikkien menetelmien takana on kuitenkin perusajatus siitä, että tuotannon tulosta eli tuottavuutta täytyy mitata. Will Kaydosin (1999, 29) mukaan tuottavuus ei ole prosessin konkreettinen tuotos mutta sen mittaaminen on oleellista, jotta voidaan hahmottaa koko prosessin suorituskyyky. Kaydosin mukaan tuottavuus voidaan määrittää olevan raaka-aineista tuotettua lopputulosta suhteutettuna käytettyihin resursseihin. Samaan lopputulokseen, hieman yksinkertaistaen tulee myös Saari (2006, 97), jonka mukaan



tuottavuus voidaan yksinkertaistettuna laskea kaavalla: *tuotto/panos*. Kaydosin mukaan (1999, 29) mukaan tuottavuus on korkean prosessilaadun summa, tämän takia tuottavuuden suunnasta on helppo seurata myös varsinaisten prosessien suuntaa ja löytää kokonaistuottavuuteen vaikuttavat tekijät. Tuottavuuden mittaaminen on oleellinen osa liiketoimintaa, koska sen kautta voidaan helposti havaita prosessien tehostumus ja toiminnan heikko laatu. Laadun merkityksen puolesta puhuu myös Saari (2006, 99), todetessaan että ”taloudellinen kasvu tarkoittaa tuotoksen laadun ja määrän kasvua”.

Tehokkuuden Saari (2006, 99,162) määrittää olevan tavoitteellisen toiminnan yleiskäsite, jolla mitataan tehdyn toiminnan tuottaman arvon tai vaikutuksen suhdetta vääditettiin uhraukseen. Tehokkuuden mittaamisesta voidaan pitää hyvänä esimerkkinä kustannustehokkuutta, jossa laskemalla, liikevaihtoa per henkilö, saadaan aikaan yhteismitaton suure ja suhdeluku. Kustannustehokkuuden mittaamisella pyritään löytämään tilanne, jossa laadultaan vakioitua tuotetta pystytään tuottamaan tehokkaammin enemmän tai vastaavasti pienemmällä panostuksella.

Molempien kirjoittajien näkökulmat huomioiden voidaan kiteyttää tuottavuus ja tehokkuus määritelmänä seuraavasti:

Tuottavuudessa tutkitaan tuotoksen ja panoksen suhdetta yhteismitallisilla suureilla. Kaavana yksinkertaistettuna *tuotto/panos*.

Tehokkuudessa tutkitaan enemmänkin sitä, kuinka saadaan tuotettua laadullisesti vakioitua tuotetta enemmän tai pienemmillä kustannuksilla. Tehokkuus lasketaan usein yhteismitattomilla suureilla ja aikaiseksi saadaan lähinnä suhdelukuja, joiden avulla voidaan seurata esimerkiksi prosessin tehokkuutta.

Tutkittaessa tuottavuutta ja tehokkuutta, on oleellista huomata, että ne eivät ole toisiaan poissulkevia laskentatapoja.

## 5.2 Prosessikuvaus

Teollisuudessa käytetään termejä prosessi ja arvoketju, käytännössä näillä termeillä tarkoitetaan samaa asiaa (Peltonen 1997, 16). Molemmista tarkoitetaan jalostaa panosta tuotokseksi niin, että siihen syntyy jokaisessa prosessin ja arvoketjun vaiheessa loppukäyttäjää ajatellen lisäarvoa. Kun haetaan parannusta prosessin sujuvuuteen, täytyy vaiheiden välisestä vaakatasoisesta info-, tuote-, ja rahavirrasta poistaa kaikki turhat odotukset, tarkistukset ja keskeytykset. (Peltonen 1997, 16)

Prosessikuvaukset voidaan Peltosen (1997, 17) mukaan jakaa ydinprosesseihin ja avainprosesseihin. Ydinprosessilla tarkoitetaan tehtaan sisäistä, tehtävä ja asiakaslähtöistä prosessikuvausta, jonka avulla pystytään hyvin hahmottamaan yrityksen erityisosaamisalueet sekä tuottavimmat toiminnot. Samalla voidaan havaita myös ne toiminnot, mitä ei pystytä teettämään ulkopuolisilla alihankkijoilla. Avainprosesseilla taas tarkoitetaan asiakastyötä tekevien toimijoiden prosesseja sekä asiakkaiden kustannusten erittelemistä.

Peltosen mukaan (1997, 17) on oleellista erottaa ydinprosessit, koska niiden pohjalta on mahdollista hahmottaa paremmin yritys kokonaisuutena sekä löytää ne kohdat, joissa tarvitaan yhteistyöverkostoja.

Saaren (2006, 101) mukaan yrityksen hyvä ohjaus ja oikeanlainen mittaus edellyttävät ohjattavan kohteen hyvää tuntemista. Tämä kohteen perusteellinen tunteminen voidaan saavuttaa hyvin ja perusteellisesti mallinnettujen prosessien avulla. Tutkittaessa tuotannon tulosta eli tuottavuutta ja kannattavuutta, on tutkittava niitä synnyttäviä prosesseja eli reaali-prosessia, tuotannon tulonjakopro-sessia ja liiketoimintapro-sessia. Reaali-prosessilla Saari (2006, 102) tarkoittaa toimintaa, jossa tuotannon tulos syntyy eli panoksen jalostusta tuotteeksi. Matkalla panoksesta tuotteeksi pyritään joka vaiheessa lisäämään kuluttajalle suunnattua arvoa, joka realisoituu tuotteen hinnan. Tuotteen lisäarvo tulkitaan eri lailla kuluttajan ja tuottajan välillä. Kuluttajalle lisäarvo näyttäytyy tuotteen kuluttajan tarpeen tyydyttäjänä ja tuottajalle reaali-prosessin tuloksena, tuottavuutena ja volyyminä. Reaali-prosessin tuottavuudesta voidaan muodostaa tuottavuutta ja kehitystä kuvaavat tunnusluvut.

Tuotannon tulonjakoprosessilla Saari (2006, 103) tarkoittaa tapahtumasarjaa, jossa panosten yksikköhinnat muuttuvat vaikuttaen koko prosessiin osallistujien saamaan, laadultaan aiempaa vastaavaan, tulokseen. Käytännössä tämä tarkoittaa seuraavaa: "Tulonjaon muutoksen suuruus on suoraan verrannollinen tuotteiden ja panosten hintojen muutokseen ja niiden määriin" (Saari, 103). Muutos voi olla positiivinen tai negatiivinen.

Liiketoimintaprosessilla Saari (2006, 103) tarkoittaa, että tuotannon tulonmuodostus aikaansaadaan hyödyntäen liiketoimintaprosessin osaprosesseja; reaali-prosessi ja tuotannon tulonjakoprosessi. Kuvaavina suureina käytetään kustannuksia ja tuotteita. Kannattavuutta, joka tuottajalle jää reaali-prosessin tulonjakoprosessissa, pidetään liiketoimintaprosessin kriteerinä ja tuloksena. Prosessien toteutus tapahtuu samanaikaisesti ja ainoastaan liiketoimintaprosessissa on selkeästi löydettävät, fyysisesti mitattavat suureet. (Saari, 104)

Eri näkemyskannoista huolimatta prosessikuvausta tehdessä täytyy huomioida, että kuvaukseen määritetään tarkasti kaikki tieto-, työ- ja rahavirrat sekä kuvata niiden kulkusuunnat. Prosessikuvaukset ovat suositeltavaa tehdä sekä koko tehtaalla että yksittäisten prosessien kohdalta. Selkeää prosessikuvausta hyödyntäen on käytännöllisempi lähteä tutkimaan prosessin hukkia, viivästyksiä ja kuluja aiheuttavia vaiheita sekä aloittaa kehitysprojektit näiden osa-alueiden parantamiseksi.

### 5.3 Tuotannon mittarointi ja tunnuslukuohjaus

Saaren (2006, 40) mukaan tunnuslukuja voidaan tuottaa sekä mittaamalla että arvioimalla. Oleellista hyvässä mittaroinnissa ja tunnuslukujen tuottamisessa on kuitenkin se, että tunnetaan mitattava kohde sekä ymmärretään mittauksen tarkoitus ja merkitys ennen varsinaisen työn aloitusta. Toimintaa mitattaan pääasiallisesti siitä syystä, että saadaan tietoa ohjattavasta kohteesta ja voidaan hyödyntää saatua tietoa kohteen ohjauksessa.

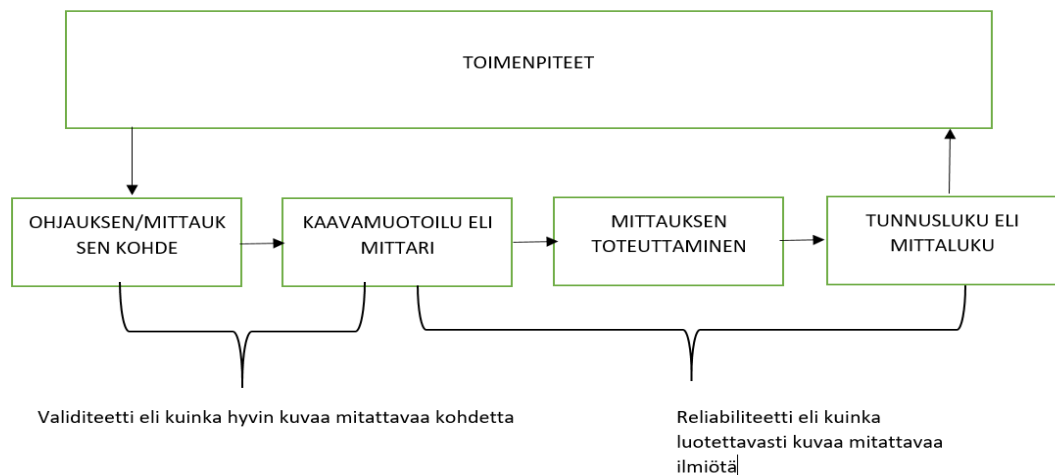
Mittaamisessa on Saaren (2006, 40) mukaan seuraavat kolme vaihetta:

“-Mittauksen määrittely eli sen merkityksen kertominen

-Mittarin valinta eli kaavan muotoilu

-Mittaaminen eli mittaustulosten tuottaminen”.

Tunnuslukuohjaus on oleellinen osa johdon työkaluja. Kun mitattava tarve tunnustetaan riittävän hyvin, voidaan mittaamisen ominaisuuksia parantaa ja kehittää vastaamaan haluttua tarvetta. Alla oleva kuvio (kuvio 2) havainnollistaa tunnuslukujen ja tuottamisen prosessin ohjauksessa:



Kuvio 2. Tunnusohjauksen periaatteet

Saaren (2006, 41-42) mukaan hyvässä mittaamisessa pitäisi olla seuraavat viisi kriteeriä pääpiirteittäin:

- Mittauksen kohde ja sen tärkeys eli relevanssi
  - Mittauksen kohteen ja tarkoituksen määrittely.
  - Määritettävä onko mittaus relevanssi eli koituuko siitä hyötyä ja voidaanko sitä käyttää ohjaukseen
  - Kohdistuttava päätöksenteon kannalta tärkeisiin asioihin eli menestystekijöihin
- Mittarin tarkkuus eli validiteetti
  - Kaavamuotoilun oltava harhatonta eli kuvattava mahdollisimman hyvin mitattavaa ilmiötä

- Jos mittari ei ole riittävän tarkasti määritetty, se tuottaa tois-  
tuvasti virheellisiä tuloksia
- Käytännössä tarkkuudesta joudutaan tinkimään, että saadaan  
yksinkertaisempia ja ymmärrettävämpiä tuloksia.
- Validiteettia arvioitaessa käytetään termejä alkuperäismitta ja  
sijaismitta. Alkuperäismitalla mitataan perussuureita ja tarkoi-  
tetaan mittauskohteen täysin validia mittaria ja sijaismitta  
sitä, kuinka hyvin toinen valittu mittari kuvaa mitattavan koh-  
teen alkuperäismittaa.
- Mittauksen luotettavuus eli realibiteetti
  - Luotettava mittaus on sovittujen ohjeiden mukaan toteutettu  
mittaus
  - Luotettavan mittauksen on tuotettava satunnaismuuttujista  
huolimatta samat tulokset mittausta toistettaessa. Satun-  
naismuuttujalla tarkoitetaan esimerkiksi mittaajaa tai mittau-  
solosuhteita
  - Hyvä mittaus voidaan varmistaa hyvillä mittausohjeilla
  - Mittauksen toteutustapa määritettävä niin yksikäsitteiseksi,  
että kaikki suorittajat saavat ohjeiden perusteella samat tulok-  
set
- Mittauksen ja tunnuslukujen ymmärrettävyys
  - Mittausprosessin oltava mahdollisimman yksinkertainen ja  
helposti ymmärrettävä.
  - Mittatuloksia ei käytännössä käytetä, mikäli käyttäjä ei ym-  
märrä niiden syntymekanismia
- Mittauksen edullisuus
  - Mittauksen hyötyjen oltava suuremmat kuin kustannukset
  - Tuotettava lisäarvoa johtamiseen
  - Haasteellista osoittaa kustannusten ja hyötyjen suhde.

Saaren (2006, 43) mukaan mittaamisen perustarkoitus on tuottaa yllä mainittuja mittaami-  
sen kriteerejä hyödyntäen objektiivinen, mielipiteistä ja arvostuksista vapaa mittaustulos.

## 5.4 Tuotannon tehostamisen keinot

Tuotannon tehostamisen lähtökohtana voidaan pitää sitä, että kaikki prosessit ovat  
oikein mallinnettuja ja laadun puolesta standardoituja. Kun prosessien mallinnus ja  
tasalaatuisuus ovat saavutettu, voidaan näiden pohjalta luoda selkolukuiset, tarkat ja  
tarvetta palvelevat mittarit, joilla voidaan mitata tuotantoon laitetun panoksen jalos-  
tumista tuotteeksi ja tästä syntyvää tuottavuutta.

Santos, Wysk ja Torres (2006) mukaan tuotannon tehostamiseen on useita erilaisia keinoja. Kirjoittajien mukaan tuotannon tehokkuutta voidaan parantaa jatkuvan parantamisen, materiaali- ja tehdaslayoutin suunnittelun, työskentelysolujen, työkalujen, prosessien ja kunnossapidon tehostamisen sekä ympäristön kehittämisen kautta. Lisäksi tulee ottaa huomioon myös ihmisresurssien vaikutukset ja osallistamisen merkitys työn lopputulokseen ja tuottavuuteen. Teollisessa tuotannossa tehostamisessa tulee huomioida kaikkia mainittuja parantamis- ja kehittämissuuntia. Sopiva työkalu valitaan peilaten siihen, kuinka laajaa asiaa tutkitaan ja millaisia lopputuloksia haetaan.

Michel Leseuren (2006, 65) näkemyksen mukaan johtajat voivat parantaa yksikön sisäistä suorituskkyä investoimalla, kouluttamalla ja motivoimalla henkilöstöä. Leseuren (2006, 65) näkemyksen mukaan operatiivisen toiminnan suorituskkyä kuvataan seuraavilla viidellä osa-alueella: kustannukset, laatu, toimitusten luotettavuus, tuotantonopeus sekä joustavuus. Tekemällä tuotteet kustannus- ja tuotantotehokkaammin, laadukkaammin, joustavammin ja oikea-aikaisesti voidaan varmistaa, että oma tuotanto on tehokasta ja asiakastyytyväisyys suhteessa kilpailijoihin on helpommin saavutettavissa ja varmistettavissa.

Molempien näkemyksien mukaan toimintaa voidaan teollisessa tuotannossa tehostaa joko investoimalla uusiin koneisiin, laitteisiin tai infrastruktuuriin tai vaihtoehtoisesti käyttämällä nykyisellään tarjolla olevia resursseja tehokkaammin. Uuteen kapasiteettiin investoiminen ja sen kautta tehokkuuden luominen ja parantaminen kulkee usein käsikädessä investointien ja rahoituksen kanssa. Helpompi, edullisempi ja monesti nopeampikin keino lisätä tehokkuutta onkin tämän syyn takia nykyisten resurssien tehokkaampi hyödyntäminen.

Kun olemassa olevaa tuotantoa aletaan tehostaa, toiminta on suositeltavaa aloittaa jatkuvan parantamisen kautta. Jatkuvan parantamisen menetelmillä nykyinen tuotannon tehokkuus nostetaan parhaalle mahdolliselle tasolle. Kun paras mahdollinen taso on saavutettu, aloitetaan prosessin tarkempi tutkiminen ja etsitään ne pullonkaulat, jotka mahdollisesti vaikeuttavat siirtymistä seuraavalle tehokkuuden tasolle ja hyödynnetään kyseiseen kohtaan sopivaksi valittua kehitystoimenpidettä.

Tuotannon tehostaminen on käytännössä jatkuvaa parantamista tavoitteena saavuttaa mahdollisimman hyvä tuotto mahdollisimman kustannustehokkaalla panoksella.

## 6 Investointilaskenta

Investointilaskenta on merkittävä osa-alue yritysten tulevaisuuden hankintojen suunnittelussa. Oikein ajoitetuilla ja hyvin valmistellulla investoinneilla on mahdollista tukea yrityksen nousua toimialansa kärkipaikalle sekä koti- että ulkomaisella liiketoimintakentällä. Vastaavasti huonosti toteutetulla investoinnilla voi olla yrityksen tulevaisuuden kannalta heikentäviä vaikutuksia.

### 6.1 Investointi

Alholan ja Lauslahden (2000, 162) määritelmän mukaan investoinnilla tarkoitetaan tuotantotekijöiden hankkimista, joita hyödyntämällä parannetaan joko tuottavuutta tai vähennetään kuluja. Investoinnille ominainen tekijä on lisäksi se, että sen vaikutavuuden tulee ulottua useammalle vuodelle ja investoinnilla on oltava ns. aikaulottuvuutta. Investoinnit voivat olla sekä reaali- että rahoitusinvestointeja.

Reaali-investointeilla tarkoitetaan Alholan ja Lauslahden (2000, 162) mukaan koneiden, laitteiden, kiinteistöjen tai tuotantotekijöiden hankintaa. Myös tuotekehitysprojektit ja laajat markkinointikampanjat voidaan lukea reaali-investointeihin, koska myös niissä sijoitetaan rahaa yrityksen omaan toimintaan. Reaali-investoinnit voidaan jakaa Alholan ja Lauslahden (2000, 163) mukaan pääpiirteittäin seuraavien luokkien mukaisesti:

- Pakolliset investoinnit
  - Tehtävä lain vaatimuksesta, esimerkiksi ympäristöön liittyvät investoinnit (veden- ja ilmanpuhtauden ja saastumisen estämiseen tähtäävät investoinnit)
- Korvausinvestoinnit
  - Vanhan tuotantovälineen korvaaminen uudella samantyyppisellä. Koneen fyysinen kunto ja käyttöiän ylittäminen lähtökohtia investoinnin tekemiselle
- Rationalisointi-investointi
  - Tuotantomenetelmän parantaminen ja tehostaminen uudella koneella. Esimerkiksi robotilla korvataan ennen manuaalisesti tehty työvaihe
- Laajennusinvestointi

- Toiminnan laajentamiseen tähtäävä investointi, esimerkiksi uuden tehtaan rakentaminen tai konekapasiteetin lisääminen. Myös yrityskaupat kuuluvat näihin investointeihin
- Vuokralaiteinvestointi
  - Vuokrasopimuksen vaatimien laitteiden hankintaa, esimerkiksi teleoperaattorien outsourcing-sopimukset (operaattori investoi laitteisiin asiakkaan puolesta).

Rahoitusinvestoinnilla tarkoitetaan Alholan ja Lauslahden (2000, 162) määritelmän mukaan esimerkiksi osakkeiden ja muiden arvopaperien hankintaa. Rahoitusinvestoinnit ovat yleisiä pankki- ja vakuutustoimialalla. Rahoitusinvestoinnissa ei suoranaisesti sijoiteta omiin tuotannontekijöihin vaan enemmänkin sijoitetaan muiden toimintaan. Investoija voi toimia joko aktiivisesti hallituksessa tai passiivisesti pelkkänä omistajana ja äänioikeuksiensa hyödyntäjänä rahoitusinvestointinsa kohteelle. Rahoitusinvestointien tekeminen tapahtuu pääasiallisesti pääomamarkkinoilla kuten arvopaperipörssissä.

Puolamäen ja Ruususen (2009, 23-25) näkemyksen mukaan investointi on tulon hankkimista silmällä pitäen käytettyä rahaa. Pääoman sitovuus onkin tyypillinen piirre investoinneissa. Tämän lisäksi olennaisena osana ovat myös riskit, tulokertymä vuosien aikana ja vaikutus liiketoiminnan tulevaisuuteen. Investoinnit voidaan jakaa ylätasolla joko rahoitusinvestointeihin tai reaali-investointeihin. Alemmalla tasolla tutkittaessa voidaan investoinnit jakaa merkittävyytensä mukaan joko operatiivisiin tai strategisiin investointeihin. Ero näiden kahden reaali-investointisuunnan välillä tulee siitä, että operatiivisessa investoinnissa rahoituspohja tyypillisesti tulee tulorahoituksesta, käytettävät summat ovat pienempiä ja niiden tarkoitus on ylläpitää yrityksen vallitsevaa liiketoiminnallista ja taloudellista asemaa. Vastaavasti strategisien investointien tarkoitus on muuttaa yritystoiminnan luonnetta ja ne toteutetaan pääomarahoituksella. Esimerkkinä operatiivisesta investoinnista voidaan pitää kapasiteettilaajennuksia, toimintavarmuutta ja käytettävyyttä ylläpitäviä kunnossapitoinvestointeja, korvausinvestointeja ja välttämättömyysinvestointeja. Strategisista investoinneista hyvinä esimerkkeinä toimivat yritysostot tai yksiköiden lakkauttamiset. Nämä esimerkit kuvannevat hyvin sitä, millainen ero on kahden erityyppisen investointikategorian välillä.



Operatiivisen- ja strategisen investoinnin lisäksi on myös tutkimus- ja kehitysinvestointeja, joiden tarkoitus on kehittää uutta teknologiaa ja luoda uusia tuotteita sekä palveluita ja ulkomaaninvestointeja. Ulkomaaninvestoinnit voidaan jakaa suoriin ulkomaaninvestointeihin, joissa hankitaan enemmistöosuus tai päätäntävalta ulkomaisesta yrityksestä joko uutta toimintaa luovalla investoinnilla, fuusiolla tai olemassa olevan yrityksen ostolla. Toinen pääkategoria ulkomaaninvestoinnille on portfolioinvestointi, jossa tarkoitus on hankkia vähemmistöosuus ulkomaisesta yrityksestä.

Kun verrataan näiden eri vuosina kirjoitettujen tekstien näkemystä, voidaan huomata, että peruseriaatteen investoinnin määrittämisessä ovat säilyneet pitkälti samankaltaisina kuluneesta ajasta huolimatta.

## 6.2 Investointilaskentamenetelmät

Alholan ja Lauslahden (2000, 164) mukaan investointilaskemia tehtäessä perusongelmat liittyvät siihen, että eri aikoina tapahtuvien tulo- ja menoerien arvot eivät ole samankaltaisia. Investointilaskennan tavoitteena on saattaa luvut tasaveroisiksi vertailun helpottamiseksi, tässä hyödynnetään laskentakorkokantoja. Laskentakorkokantojen avulla voidaan huomioda myös inflaation vaikutus. Perusajatus kiteytettynä tarkoittaa Alholan ja Lauslahden (2000, 164) mukaan sitä, että tulo- ja menoerät siirretään samaan ajankohtaan laskentakorkokannan avulla. Investointilaskennan ymmärtämisen kannalta Alholan ja Lauslahden (2000, 164-169) mukaan on tärkeää ymmärtää investointilaskelmassa käytetyt peruskäsitteet. Peruskäsitteet sisältävät myös ne tiedot, jotka tulee aina selvittää perusteellisesti ennen kuin edes aloitetaan investointilaskelmia. Peruskäsitteet listattuna pääpiirteittäin ja ominaisuuksittain:

- Investoinnin hankintameno
  - Suurehko kertakustannus, joka ajoittuu usein kaikkein lähemmäksi päätöksentekotilannetta
  - Mukaan luetaan investoinnin käyttöönottoon liittyvät menot
  - Helpommin määritettävissä kuin investoinnin tuotot ja muut kustannukset
  - Esimerkiksi uuden tehtaan investoinnin kohdalla suunnittelukustannukset ja käyttöönotto- sekä koulutuskustannukset
- Nettotuotto
  - Investoinnin synnyttämä tuottojen ja kustannusten erotus

- Nettotuotto on vakiintunut laskentatapa. Esimerkiksi automatisaatiosta, tuotannon tehostumisen kautta, syntyneet kustannussäästöt ilmoitetaan nettotuottoina
- Määrittäminen sisältää epävarmuustekijöitä, perustuu tulevaisuuden ennustamiseen tuotoista suhteessa menekkiin.
- Investoinnin pitoaika
  - Ajanjakso, jonka aikana investointia käytetään ja jonka aikaisia tuottoja ja kuluja seurataan
  - Voidaan määrittää joko fyysisen iän tai teknisen iän perusteella
    - Fyysinen ikä kuvaa sitä ajanjaksoa, kun investointikohde on käytettävissä sen alkuperäisen tarkoituksen mukaisesti
    - Fyysistä ikää voidaan pidentää korjauksilla, tämän takia ei ole paras mahdollinen mittari investoinnin pitoajalle
    - Teknisellä iällä tarkoitetaan sitä ajanjaksoa, jonka kuluessa on odotettavissa, että markkinoille tulee aiemman investoinnin korvaava tehokkaampi investointikohde.
    - Tekninen ikä huomioi investoinnin taloudellista puolta paremmin kuin fyysinen ikä.
  - Yksittäisiä projekteja varten hankittavien investointikohteiden kohdalla ei pystytä välttämättä hyödyntämään kumpaakaan pitoajan mittareista, joihin tuen siitä, että kyseistä investointikohdetta ei voida jatkossa enää hyödyntää
- Jäännösarvo
  - Investointikohteen arvioitu arvo pitoajan lopussa, jos investoinnin kohde myytäisiin
  - Arvioidaan usein nolaksi
  - Vaikutus investoinnin hintaan yleensä pieni
  - Myös negatiivinen jäännösarvo on mahdollinen, kyseessä esimerkiksi silloin, jos ympäristöä saastuttavasta investoinnista täytyy hankkiutua eroon.
- Laskentakorkokanta
  - Mahdollistaa tulo- ja menoerien saattamisen vertailukelpoiseksi eri ajanjaksoille
  - Sisäinen ja ulkoinen rahoituksen tarjoaja odottavat investoinnilleen tuottoa, tämä tuotto-odotus määritetään laskentakorkokannalla
  - Usein sisällytetään oman pääoman tuotto-odotus eli tuotto, joka voitaisiin vastaavalle rahalle saada muutoin markkinoilta
  - Määrittää siis investoinnin minimituottovaatimuksen
- Diskonttaus
  - Nykyarvon selvittämistä
  - Laskentakaava:

$$k = \frac{1}{(1+i)^n} \times K_n \quad (1.)$$

*missä*

*k=summan nykyarvo*

*i=korkokanta*

*n= aika*

*K<sub>n</sub>= vuonna n maksettava tai saatava pääoman määrä*

Diskonttauskerroin  $\frac{1}{(1+i)^n}$  merkitään usein symbolilla  $V_{n/i}$

- Jaksollisten maksujen diskonttauksessa käytetään erilaista kaavaa, johtuen siitä, että useasti on tarve laskea vuosien saatossa syntyvien tuottojen ja kulujen nykyarvo. Mikäli tuotot ja kulut ovat vuosittain yhtä suuret, voidaan käyttää jaksollisten maksujen diskonttaustekijää ( $a_{n/i}$ )
- Laskentakaava jaksollisten maksujen diskonttaukselle:

$$a_{n/i} = \frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n} \quad (2.)$$

*missä*

*n=aika*

*i=korkokanta*

- Jos halutaan saada tuottojen nykyarvo, lasketaan se seuraavalla kaavalla:

$$s = \frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n} \times S \quad (3.)$$

*missä*

*s=tuottojen nykyarvo*

*S=vuosittaiset tuotot*

- **Annuiteetti**

- Selvitetään kuinka suurta vuotuista tuottoa tai kustannusta tietyssä hetkenä maksettu suorite vastaa. Selvitetään siis vuosierän määrää
- Annuiteettitekijä ( $c_{n/i}$ ) vastakohta jaksollisten suoritusten diskonttaustekijälle
- Laskentakaava:

$$c_{n/i} = \frac{i \times (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (4.)$$

*missä*

*n=aika*

*i=korkokanta*

- Kun halutaan laskea vuosittaisten yhtä suurien, koron ja lyhennyksen sisältävien, suoritusten määrä, käytetään kaavaa:

$$S = \frac{i \times (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \times s \quad (5.)$$

*missä*

*n=aika*

*i=korkokanta*

*S= vuosittaiset suoritukset*

*s=investoinnin hankintameno.*

Investointilaskentamenetelmiä ovat Alholan ja Lauslahden (2000, 171-179) nykyarvomenetelmä, annuiteettimenetelmä, sisäisen korkokannan menetelmä, takaisinmaksuajan. Investointilaskentamenetelmät pääpiirteittäin listattuna seuraavasti:

- Nykyarvomenetelmä
  - Kaikki syntyneet kulut ja tuotot diskontataan (ks. kaava 1) eli lasketaan tulevaisuuden tai menneisyyden rahan arvo nykyhetkessä, hyödyntäen valittua laskentakorkokantaa. Näin mahdollistetaan kulujen ja tuottojen tasapuolinen vertailu. Ilman korkokantaa tehtävä laskenta perustuisi ainoastaan kulujen ja tuottojen suhteeseen ja jättäisi näin huomioimatta investoinnille asetetut tuottovaatimukset.
  - Investointi on kannattava, mikäli saatu nykyarvo on positiivinen tai vähintään yhtä suuri kuin 0 (investoinnilla kertyvien nettotuottojen ja jäännösarvon diskontattu nykyarvo on suurempi kuin hankintameno ja muut kustannukset)
  - Laskennassa hyödynnetään tapauksen mukaan jaksollisten maksujen diskonttaustekijää (ks. kaava 2) ja diskonttauskerrointa joko yhdessä tai erikseen
- Annuiteettimenetelmä
  - Investoinnin hankintameno jaetaan pitoajalle yhtä suuriksi eriksi
  - Nykyarvomenetelmän vastakohta
  - Sisältää laskentakorkokannan mukaisen koron ja lyhennyksen (poiston) määrän (ks. kaava 5)
  - Investointi on kannattava, jos nettotuotto on suurempi kuin hankintamenon erä on.
  - Vertailtaessa useampaa investointia, kannattavin on se, jonka nettotuoton ja investoinnin jaetun kulun erotus on suurin
  - Laskennassa hyödynnetään sekä diskonttaustekijää että annuiteettitekijää (ks. kaava 4) riippuen siitä, onko kohteelle laskettu jäännösarvoa.
- Sisäisen korkokannan menetelmä
  - Korkokanta, jonka mukaan investoinnin nykyarvo on lähtökohtaisesti 0
  - Investoinnin hankintamenon ja nettotuottojen nykyarvon (ks. kaava 3) erotus myös 0
  - Investointi on kannattava, kun sisäinen korkokanta on vähintään tavoitteeksi asetetun pääoman tuoton suuruinen, jos pienempi niin investointi ei ole kannattava
  - Menetelmän mukaan vaihtoehtoisista investointikohteista edullisin on korkeimman sisäisen korkokannan omaava kohde.
  - Laskenta suoritetaan joko hyödyntämällä valmiita ohjelmia tai karkeasti jakamalla hankintameno nettotuotoilla ja vertaamalla saatua tulosta investoinnille asetettuun tuottovaatimukseen
  - Suositeltavaa käyttää karkeampaa laskumenetelmää, koska tarkan luvun saamiseen tarvitaan interpolointia
- Takaisinmaksuajan menetelmä
  - Selvitetään missä ajassa investoinnin nettotuotoista kertyy hankintamenoa vastaava summa

- Mikäli korkoja ei huomioida, niin lasketaan jakamalla hankintameno netto-vuosituotoilla
- Painottaa rahoitusvaikutuksia ja suosii nopean takaisinmaksuajan investointeja. Ei pidä käyttää ainoana investointilaskentamenetelmänä
- Ei ilmaise todellista kannattavuutta, koska menetelmä ei ota kantaa takaisinmaksun jälkeisiin tapahtumiin.
- Korko voidaan huomioida mukaan diskonttaamalla nettotuotot investoinnin alkuhetkeen. Diskontattuja nettotuottotekijöitä verrataan hankintamenoon ja pyritään ratkaisemaan aika, jolloin hankintameno olisi maksettu takaisin. Laskennallisesti hankalampi kuin perusmenetelmä, johtuen siitä, että tuntematon tekijä on aika eikä korkokanta kuten sisäisen korkokannan menetelmässä
- Suositeltavaa käyttää karkeampaa laskumenetelmää, koska tarkan luvun saamiseen tarvitaan interpolointia
- Investoinnin tuottoastemenetelmä
  - Selvitetään investoinnin pääoman tuottoaste tai tuottoprosentti
  - Investoinnin tuottoasteen lyhenne ROI (Return of investment)
  - Yksinkertaistettu sisäisen korkokannan menetelmä
  - Lasketaan jakamalla keskimääräiset vuotuiset nettotuotot investointiin sidottu keskimääräisellä pääomalla
    - Investoinnin keskimääräinen sidottu pääoma saadaan jakamalla hankintamenon ja jäännösarvon summa kahdella
  - Ei oteta huomioon suoritusten eriaikaisuutta vaan tuotot lasketaan puhtaasti keskimääräisinä tuottoina. Puute voidaan korjata ottamalla huomioon investoinnin poistot.
    - Poisto lasketaan vähentämällä hankintamenosta jäännösarvo ja jakamalla erotus investoinnin pitoajalla.

Puolamäen ja Ruususen (2009, 247-254) mukaan oleellisia laskentamenetelmiä ovat myös riski- ja herkkyysanalyysi. Analyysit pääpiirteittäin:

- Herkkyysanalyysi:
  - Yleisin yrityksen käyttämä investointiriskien arviointimenetelmä
  - Tehdään aluksi joillakin tietyillä arvoilla, joita muutetaan ensimmäisen laskelman jälkeen joko yksi- tai useampiluku kerrallaan ja seurataan kuinka muutos vaikuttaa lopputulokseen. Täten toimimalla saadaan selville, kuinka herkkä projektin onnistuminen on reagoimaan muutettaviin lukuihin.
  - Tuloksena saadaan aikaan taulukko, jossa käy ilmi kannattavuustekijöiden edulliset ja epäedulliset virheet sekä niiden vaikutukset investoinnin kannattavuuteen. Taulukosta voidaan piirtää myös herkkyysanalyysikaavio.
  - Investoinnin kannattavuus nettonykyarvolla (NNA) saadaan laskettua seuraavan kaavan mukaisesti:

$$NNA_{\alpha} = NNA_0 + \sum_{t=1}^n \frac{\alpha S_t}{(1+k)^t} \quad (6.)$$

*missä*

$NNA\alpha$ =Virhetekijällä korjattu NNA

$NNA_0$ =suunniteltu NNA

$\alpha$ = virhetekijä

$S_t$ =kassavirta periodilla  $t$

$k$ = pääomakustannus

$n$ = taloudellinen pitoaika

- Analyysi voidaan tehdä myös kahdella eri erikoisovelluksella, kolmiarvoisella laskelmalla ja kriittisten arvojen menetelmällä
- Kolmiarvoinen laskelma perustuu siihen, että investoinnin suunnittelija tekee ensimmäisen arvion kannattavuudesta ja kannattavuustekijöistä. Tätä arviota tarkastellaan sen jälkeen uudelleen yrityksen toisen toimijan toimesta ja hänen määrittämillään kannattavuustekijöiden edullisilla ja epäedullisilla arvoilla. Näitä tuloksia vertaamalla saadaan aikaan kannattavuuden vaihteluväli ja kannattavuusarvojen esiintymistiheyden profiili.
- Voidaan toteuttaa myös yksinkertaistettuna niin, että tutkitaan kerralla vain yksittäisten tekijöiden ääriarvoja.
- Kriittisten arvojen menetelmässä lasketaan jokaiselle kannattavuus tekijälle nolla-arvo. Nolla-arvoon yhdistetään varmuusmarginaali ja saadaan aikaan taulukko, josta huomataan paljonko vaihtelua eri arvot kestävät ennen kuin tulos on negatiivinen
- Riskianalyysi:
  - Todennäköisyysjakauma, joka antaa analysoijalleen näkemyksen mahdollisista tuotoista ja tappioista
  - Jotta saadaan kattava analyysi, tarvitaan tiedot riskiin oleellisimpina vaikuttavat tekijät ja niiden todennäköisyysjakaumat
  - Analyysin teko aloitetaan valitsemalla kannattavuuden mittari, sitten ne tekijät, joiden vaikutusta investoinnin riskiin halutaan tarkastella. Valittujen tekijöiden arvoille laaditaan todennäköisyysjakauma ja lasketaan satunnaisesti valittujen tekijöiden jokaista määritettyä arvoa vastaava nettonykyarvo (ks. kaava 6). Laskelmaa toistetaan niin kauan, että saadaan riittävästi lukuja todennäköisyyksien normaalijakauman muodostamiseen
  - Riskianalyysin tekeminen edellyttää laadukkaiden pohjatietojen laatimista ja mallintamista.

Investointeja tehtäessä on ensiarvoisen tärkeää ymmärtää, että laskelmat on tehtävä huolella, riittävät pohjatiedot kerättävä ja investointien tulisi aina pohjautua minimissään kahteen eri laskentamalliin. Kerättävä pohjatieto tulee koostua perusinvestoinnin vuosittaisista kuluista ja tuotoista, laskentakorkokannasta, investoinnin pitoajasta ja investointikohteen jäännösarvosta. Osa arvoista on helposti saatavilla aiempien investointien pohjalta tai yleiseen markkinatilanteeseen verraten, osa taas vastaavasti on määritettävä parhaan saatavilla olevan tiedon ja kokemuksen pohjalta. Suositeltavaa on käyttää investointilaskelmia tehtäessä vähintään sisäisen korkokannan, investoinnin tuottoastemenetelmän ja takaisinmaksuajan menetelmän yhdistelmää. Sisäisen korkokannan laskelmalla ja investoinnin tuottoastemenetelmällä saadaan selkoa

investoinnin kannattavuudesta ja takaisinmaksuajan laskennalla investoinnin rahotusvaikutuksista. Näiden laskelmien lisäksi on totta kai huomioitava myös yrityskohdaiset arviointikriteerit ja yhdistettävä niistä saadut tulokset taloudellisiin lukuihin.

### 6.3 Investointisuunnitelma

Oikein ajoitetulla ja hyvin suunnitellulla investoinnilla voidaan mahdollistaa yrityksen siirtyminen toimialan kärkeen ja saavuttaa merkittävääkin kilpailuetua toisiin toimijoihin verrattuna.

Investointien suunnittelun kulmakivenä voidaan pitää Puolamäen ja Ruususen (2009, 140) mukaan FS:ää, eli Feasibility Studya. FS:llä tarkoitetaan erittäin laajaa ja perusteellisesti suunniteltua kaupalliset, taloudelliset ja tekniset asiat huomioon ottavaa investointisuunnitelmaa. Suunnitelman tulee olla niin kokonaisvaltaisesti ja kattavasti tehty, että sen perusteella aiottu investointi voidaan joko suoraan hyväksyä tai hylätä. (Puolamäki ja Ruusunen 2009, 170). FS:n laajuuden vuoksi yrityksissä tyypillisesti on omille investoinneille määritetty tietyt osa-alueet, jotka investointisuunnitelmaa varten täytyy selvittää. Suunnitelman kustannusarviossa tulee pyrkiä korkeintaan 5-10 % virhemarginaaliin, sekä huomioida laskelmiin mukaan esimerkiksi 10-20% erittelemättömiä kustannuksia, joita saattaa projektin edetessä syntyä. (Puolamäki ja Ruusunen 2009, 140)

Feasibility studyn lähtökohtaisena ohjeteoksena voidaan pitää UNIDO:n eli United Nations Industrial Development Organization, käsikirjaa *Manual for the preparation on industrial feasibility studies* (1991). (Puolamäki ja Ruusunen 2009, 141). Puolamäen ja Ruususen (2009, 141-170) mukaan Feasibility studyssa käytettävä sisällysluettelo perusrunko voi koostua teollisuuden investointeja tehtäessä seuraavista osa-alueista. Osa-alueet eriteltynä neljä oleellisinta asiaa huomioiden:

#### 1) Yhteenveto

- Täsmällinen investointiehdotus perusteluineen
- Vaikutukset yritykseen ja liiketoimintaan
- Seuraukset, mikäli investointia ei toteuteta
- Aikataulutus tärkeimmistä päätöksistä

## 2) Tausta ja strategiset näkökulmat

- Investoinnin tarkoitus ja laajuus
- Vaikutus liiketoimintaympäristöön ja kilpailuasemaan
- Yhteenvedo aiemmista selvityksistä
- Arvioidaan sopivuus hyväksyttävään strategiaan ja tavoitteisiin.

## 3) Markkinatutkimus, markkinointi – myyntisuunnitelma

- Päätetään seurattavat indikaattorit, joilla pyritään ennustamaan markkinoiden kehitystä
- Markkinointistrategia, aggressiivinen hintakilpailu vai erinomaisesta suoritustasosta saatava parempi hinta
- Tavoitteiden määrittäminen asiakkaiden, tuotteiden ja markkinoiden osalta
- Koko investointijakson myyntisuunnitelma valmistusstrategiasta riippuen.

## 4) Sijainti, logistiikka ja alueen käyttösuunnitelma

- Rakennetaanko uusi vai laajennetaanko vanhaa?
- Investoinnin sijoittaminen suhteessa markkinaan ja saatavaan työvoimaan
- Huomioitava geopoliittinen ilmapiiri ja lainsäädännöt
- Karkea käyttösuunnitelma sisältäen rakennukset ja infrastruktuurin

## 5) Tuotteet

- Tuotteiden määrittely. Päätuotteet, sivutuotteet ja sivuvirrat. Projektin tärkeimpiä määrittämiä, vaikuttaa merkittävästi siihen mihin suuntaan investoinnin kohdetta ajetaan ja kuinka valmiilla investoinnilla on tarkoitus operoida.
- Tuoteportfolion kehitys ja tuotteiden kannattavuus
- Rajataan suunnitteilla olevan investoinnin jälkeiset toimenpiteet ja uudet investoinnit vaikutuksineen pois tarkkailusta
- Tuotteiden elinkaaritutkimukset ja korvaavien tuotteiden analysointi

## 6) Tuotantoteknologia

- Eri tuotantotekniikoiden valinta ja niiden yhteensovittaminen investoinnin kanssa. Projektin toiseksi tärkein päätös. Yhdistettynä tuotemäärittelyyn, vaikutetaan merkittävästi siihen mihin suuntaan investoinnin kohdetta ajetaan ja kuinka valmiilla investoinnilla on tarkoitus operoida.
- Tuotantoteknologioita valittaessa tulee pyrkiä toimintojen automatisaation nostoon esimerkiksi robotisoimalla tuotantoa.
- Riskitaso määritettävä jo ennen käynnistystä ja tehtävä suunnitelmat sen hallitsemiseksi
- Kokonaisketjun hallinta suunniteltava huolella

## 7) Kapasiteettisuunnitelma

- Tuotannon pullonkaulojen etsiminen ja niiden kapasiteetin lisäyksen arvio
- Valmiin tehtaan kapasiteetin arviointi
- Kriittinen massa päätettävä, myös maksimikapasiteetit määritettävä
- Kapasiteettimääritelmän pohjaututtava myyntisuunnitelmaan

## 8) Layoutit

- Laitteiden ja prosessien optimointi käytettävät tilat huomioiden
- Laaditaan useita eri vaihtoehtoja, joihin sijoitetaan suunnitelmien mukaiset kapasiteetit ja muut tarvittavat tiedot. Lopuksi valitaan kokonaisuuden kannalta paras layout suunnitelma. Valinnassa huomioitava myös suorittavaa porrasta asiantuntijoiden roolissa



- Määritettävä kaikki materiaalivirrat
- Layoutista tehtävä mahdollisimman virtaviivainen

#### 9) Koneet, laitteet ja rakennukset

- Tuotantolaitteiden perusvaatimusten asettaminen'
- Hankittavien laitteiden koko elinkaaren kustannukset määritettävä
- Tarjouspyynnöt laitetoimittajille tehtävä huolella ja riittävän vaativiksi
- Päättävä tilataanko avaimet käteen- palveluna vai hankitaanko kaikki osat erikseen oman osto-organisaation toimesta

#### 10) Käyttöhyödykkeet, energia, vesi, kaasut, paineilma'

- Suunnitelmat ja laskelmat kulutuksista ja tarvittavista hyödykkeistä
- Sisällettävä realistinen arvio tarvittavista rakennuksista ja rakenteista. Arvioiden pohjaututtava tarjouksiin.
- Rakennuspaikan valmistelun kulut eriteltävä
- Tarvittavat luvat ja käsittelyajat tuotava selkeästi esille

#### 11) Tuotantosuunnitelmat

- Vuosisuunnitelmat tuotteittain ja tuoteryhmittäin huomioiden toimialan vaadittavat erityispiirteet sekä edellä mainittujen suhteuttaminen valittuun tuotantoteknologiaan
- Uuden investoinnin vaatiman koulutuksen suunnittelu ja kustannusten selvitys
- Investoinnin käytettävyyden suunnittelu
- Tuotantomäärät vuosi, kuukausi, viikko ja päivätasolla

#### 12) Raaka-aineet ja tarvikkeet

- Raaka-aineiden saatavuuteen vaikuttavien asioiden selvittäminen
- Raaka-ainetarpeet vuositasolla sekä niiden kiertonopeudet
- Tuotannosta syntyneiden jätteiden hallinnan suunnittelu
- Raaka-aineiden teknisten ominaisuuksien määrittäminen

#### 13) Organisaatio ja henkilöstö

- Valitaan strategian ja liiketoiminnallisten tavoitteiden saavuttamiseen soveltuva henkilöstö. Muodostetaan organisaatiosta lohkokaavio
- Projektioorganisaation ja operatiivisen organisaation välinen erottelu, selvittävä mitkä ovat valmiin projektin luovuttamisen ehdot
- Henkilöstömäärä arvio
- Projektipäällikön ja projektin omistajien määrittäminen

#### 14) Aikataulut

- Projektin yhteenveto, jossa eriteltynä selkeästi tehtävät alkuineen ja loppuineen. Huomioitava myös, että kaikkien projektin toteutukseen olennaisesti liittyvien lupa-asioiden ja kriittisten kohtien aikataulut ovat selkeästi ilmaistuna omina osioinaan.
- Määritettävä kriittinen polku, jota seurataan sekä ehdottomat takarajat tehtäville
- Aikataulutukseen on useasti valittava erillinen henkilö, joka laatii aikataulun ja valvoo siinä pysymistä
- Aikataulu on projektin johdon tärkeä työkalu ja oleellinen osa projektimanuaalia

#### 15) Toteutus, käyntiajat ja suorituskykytakuut

- Karkea kuvaus koko projektista, pyritään antamaan riittävät perustiedot toteuttajille
- Esitetään hankinta- ja tiedotusperiaatteet, hankintakokonaisuudet ja raportointisuunnitelma
- Tehdään arvio investoinnin aloituksesta, sisältäen reunaehdot omistajuuden siirtymisestä. Tässä vaiheessa täytyy tarkasti määritellä, mitkä ovat omistajuuden siirtymisen edellytykset. Normaalisti voidaan käyttää kuormittamattomaa koekäyttöä tai hyväksyttyä asennustarkastusta.
- Lopullinen vastuu siirtyy tavallisesti vasta kun suorituskykyajot on saatu suoritettua hyväksytysti. Tämä on syytä määrittää tarkasti jo sopimusvaiheessa.

#### 16) Investointikustannukset

- Eriteltävä hankintakustannukset, ennen tuotannon alkua syntyvät kustannukset ja asennuksista, käyttöönotosta sekä testiajoista aiheutuvat kustannukset
- Myös projektin johtoon ja hallinnointiin kohdistuvat kustannukset on hyvä budjetoida erikseen
- Tässä vaiheessa esitetyt kustannukset toimivat investointilaskennan pohjana, tästä syystä taustatyö on tehtävä erittäin huolellisesti ja saadut arvot on esitettävä mahdollisimman tarkkoina
- Kustannuksiin on hyvä budjetoida 10% ylimääräistä suhteessa projektin kustannuksiin, tällä summalla voidaan kattaa yllättävät ja ennalta arvaamattomat asiat. Jos uuteen investointiin sisältyy merkittäviä riskejä, on hyvä varautua suurempaan summaan.

#### 17) Vuosittaiset käyttökustannukset

- Tässä vaiheessa on määritettävä ja osittain ennustettava paljonko tulevan investoinnin käyttökustannukset tulevat olemaan vuositason projektin valmistumisen jälkeen. On tärkeää määrittää luvut mahdollisimman realistisiksi koska vuosittaisilla käyttökustannuksilla on merkittävä rooli investoinnin kannattavuudessa sekä yrityksen kilpailukyvyssä.
- Huomioitava merkittävimmät kustannustekijät, palkat, raaka-aineet ja energian. Haastavimpia ennakoitavia ovat raaka-aineiden ja energian hinnankehitys
- Kustannuksista tehtävä yrityksen laskenta- ja raportointimallin mukainen arvio, jossa huomioidaan kaikki tavallisessakin kustannuslaskelmassa läpikäytyt asiat
- Globaaleilla yhtiöillä pyrittävä yhtenäiseen raportointimalliin ja kustannusten kohdistukseen eri maiden välillä

#### 18) Taloudelliset laskelmat ja arvioinnit sekä rahoitus

- Feasibility studyn lähtökohtia. Suositellaan tehtäväksi taloushallinnon ammattilaisten toimesta.
- Globaaleissa yhtiöissä pyrittävä yhtenäiseen investointilaskentamalliin, jotta investointien kannattavuudet olisivat vertailukelpoisia keskenään eri maiden välillä
- Laskennan lähtöarvot, lähdetiedot ja perusolettamukset tulee esittää selkeästi osion alussa
- Valittava sopivat investointilaskenta menetelmät

#### 19) Riskiarviot

- Lähtökohtana pidettävä realistista investoinnin lähtökohtien arviointia ja perusolettamuksia

- Riskienarviointi on suositeltavaa jakaa kahteen osaan, A ja B. A- osassa arvioidaan liiketoimintaan liittyvät strategiset riskit ja B-osassa arvioitava projektin toteuttamiseen liittyvät riskit.
- Laadittava varasuunnitelma, mikäli jokin riskiarvioinnissa esitetyistä riskeistä toteutuu
- Arvioitava riskien ja sen ottamisesta saatavien hyötyjen suhde

#### 20) Ympäristöasiat

- Laadittava ympäristöselvitys sekä riittävän laaja suunnitelma päästöjen, jätevesien ja jätteiden hoitamiseksi
- YVA eli ympäristövaikutusten arviointi on merkittävässä osassa investointien suunnittelua. Hyvin tehty suunnitelma vaatii ammattiosaamista, joka usein joudutaan ostamaan yrityksen ulkopuolelta omien resurssien ja osaamisen puutteesta johtuen
- YVA:n ja ympäristöluvan hakeminen on tärkeää aloittaa jo hyvissä ajoin investoinnin suunnittelua. Suunnitelmien ja luvan hakemisessa saattaa kestää jopa vuoden verran aikaa
- Viranomaiset vahvasti mukana prosessissa

#### 21) Muut liiketoimintamahdollisuudet

- Kartoitettava mahdollisuudet, joita uusi investointi saa aikaan. Tässä osiossa on mahdollista ilmaista myös osa-alueet, joita ei ole otettu tutkimuksen piiriin.
- Varsinaisen investoinnin valmistumisen jälkeen tutkittava muiden liiketoimintamahdollisuuksien osiossa esitetyt kohdat ja toteutettava potentiaalisina jälki-investointeina
- Käyntiinajon jälkeen ilmenneet kehitysideat ja muutostarpeet on hyvä analysoida sekä tutkia niidenkin jälki-investointimahdollisuudet.

Koska Puolamäen ja Ruususen (2009, 141-170) esittämän sisällysluettelon aihealueiden tutkiminen ei välttämättä palvele kaikkia yrityksiä, voivat investointeja suunnittelevat yrityksen poistaa tai lisätä heidän toimialaansa ajatellen olennaisia osa-alueita. Investointisuunnitelmassa olennaisena osana on kuitenkin se, että tutkitaan ja selvitetään tärkeimpiä osa-alueita yksityiskohtaisesti ja jätetään epäolennaisia osia pois, jotta projektiin osallistuvan kapasiteetin ajankäyttö olisi mahdollisimman tehokasta.

Hyvällä ja riittävän laajalla Feasibility Studylla sekä ammattitaitoisella projektijohdolla voidaan varmistaa, että kaikki investoinnin toteutukseen tai hylkäykseen vaikuttavat asiat tulevat varmasti tutkittua riittävän laajasti ja kaikki mahdolliset näkökulmat huomioiden. Tutkimuksen laajuuden takia aika investoinnin tutkimuksen aloituksesta toteutukseen saattaa olla jopa vuosia. Tämä aika kannattaa kuitenkin uhrata projektiin, koska hyvin toteutetulla ja oikea-aikaisella investoinnilla on mahdollista päästä vaikuttamaan yrityksen kilpailukykyyn ja asemaan oman toimialansa markkinoilla.

## **7 Tutkimuksen toteutus**

### **7.1 Nykytila-analyysi**

Tämä osio on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus.

### **7.2 Laitetoimittajien kartoitus**

Tämä osio on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus.

### **7.3 Infrastruktuurin kartoitus**

Tämä osio on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus.

### **7.4 Investointi ja sen vaiheet Stora Ensolla**

Tämä osio on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus.

## 8 Tulokset

### 8.1 Nykytila-analyysi

Tämä osio on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus.

### 8.2 Valittu konseptiratkaisu

Tämä osio on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus.

#### 8.2.1 Valittu konsepti ja toimilaite

Tämä osio on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus.

### 8.3 Infrastruktuurin tarpeet valitulla konseptilla

Tämä osio on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus.

### 8.4 Investointi ja sen vaiheet Stora Ensolla

Tämä osio on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus.

#### 8.4.1 Yhteenveto investointilaskelmasta

Tämä osio on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus.

### 8.5 Prosessikuvaus

#### 8.5.1 Uuden konseptin prosessikuvaus (kuva 16)

Tämä osio on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus.

#### 8.5.2 Uuden prosessin suoritearvot

Tämä osio on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus.

### 8.6 Investointianomus Stora Enso Groupille

Tämä osio on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus.

## 9 Johtopäätökset

Tämä osio on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus.

## 10 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, onko valitun työtehtävän nykyistä toimintamallia mahdollista korvata robotiikalla ja minkälainen kustannus tästä muutoksesta aiheutuisi.

### Saadut tulokset

Tutkimuksessa saadut tulokset olivat erittäin positiivisia toiminnan suhteen ja takaisinmaksuaika investoinnille oli houkutteleva. Havaittiin, että nykyinen toimintamalli olisi mahdollista korvata robotiikalla ja saavuttaa näin sekä kustannussäästöjä että tehokkuuden nostoa. Negatiivisena puolena tutkimukseen liittyen voidaan mainita se, että käytössä olevan ajan ja kustannusten puitteissa ei ollut mahdollista pyytää tarjousta useammalta toimijalta vaan jouduimme käyttämään yritystä, jonka kanssa sopimustekniset ja salassapidolliset asiat olivat ennestään suoritettujen projektien kautta kunnossa.

Vallitsevan maailmanlaajuisen tilanteen takia näihin liiketoiminnan kannalta vähemmän kriittisiin toimintoihin kohdennetut investoinnit joutuivat väliaikaisesti odotustilaan ja tämän takia tutkimuksessa saavutettuja tuloksia ei päästy soveltamaan käytännössä.

Case-tutkimuksena tämä oli kuitenkin silmiä avaava. Tutkimuksen aikana heräsi ajatuksia myös muiden työvaiheiden muuttamisesta robottien suorittamiksi ja alustavissa suunnitelmissa olikin tehdä vastaavanlaiset tutkimukset jokaiselle tuotantoalueelle.

Yleisellä tasolla opinnäytetyö antoi yritykselle käsityksen siitä, millaisia mahdollisuuksia robotiikan lisääminen tarjoaa kustannusten ja tehokkuuden suhteen. Toimialan näkökulmasta tutkimus on myös oleellinen, koska toimijakenttä aaltopahvin valmistuksessa on valtakunnallisella tasolla pieni ja kilpailu tämän takia kovaa. Kaikki toimintaa tehostavat uudet toimintamallit mahdollistavat etulyöntiaseman saavuttamisen suhteessa kilpailijoihin.

### **Teorian ja työn linkitys**

Teoriaosuus onnistui mielestäni hyvin. Tämä mielipide perustuu siihen, että uskon asiaan vihkiytymättömänkin saavan kiinni tutkimuksen tuloksista luettuaan teoriaosuuden läpi. Henkilökohtaisena tavoitteenani oli saavuttaa teoriaosuudella riittävän kattava tieto robotiikkaan liittyen ja näin mahdollistaa tutkimusvaiheessa teknisen keskustelun toimittajien kanssa. Teoriaosuudessa saadusta tiedosta oli selvästi hyötyä toimittajan kanssa käydyssä keskustelussa, saavutetun tiedon pohjalta pystyttiin muuttamaan toimittajan tarjoamaa konseptia yrityksemme kannalta suotuisampaan suuntaan ja saavuttamaan kokonaisuuden kannalta paras konseptiratkaisu.

Tämän lisäksi tavoitteena oli syventää ymmärrystä kustannuslaskennan alueella. Investoinnin kustannuslaskelma tehtiin Stora Enson virallisen ohjeistuksen mukaisesti ja teoriaosuuden kautta syvennettyä tietoa hyödyntäen oli helpompi ymmärtää laskennan lopputulokseen vaikuttanutta kokonaisuutta. Kustannuslaskelmassa positiivisena yllätyksenä ilmeni se, kuinka nopeasti investointi maksaa itsensä takaisin.

Tutkimuksessa käytetyt luvut perustuivat toimittajan budjettitarjoukseen, lopullista investointia tehtäessä on huomioitava seuraavat asiat:

- Toimittajalta on pyydettävä sitova tarjous



- Toimittajan kanssa tehtävä hankintasopimus
- Toimittajan kanssa määritettävä toimintatakuun ehdot
- Yllä mainittujen ehtojen pohjalta tehtävä uudet investointilaskelmat

### **Lisätutkimuksen aiheet**

Lisätutkimuksen aiheina voidaan mainita koko tehtaan prosessien kattava kartoitus ja automatisoitujen tehtävien havaitseminen näiden pohjalta. Tuotantoinsinöörien kanssa käydyn keskustelun pohjalta voidaan todeta jo ennen tutkimusta, että kehitettäviä kohteita on runsaasti. Myös toimittajan suunnalta on ilmennyt halukkuutta kartoittaa uusia robottien lisäksi liittyviä vaihtoehtoja ja uskoisin, että onnistuneen tutkimuksessa esitetyn investoinnin jälkeen olisi mahdollista laajentaa projektia muihinkin prosesseihin.

Toinen lisätutkimuksen aihe liittyy laitetoimittajiin. Tutkimuksessa käytettävissä olevan ajan ja kustannusten puitteissa ei voitu suorittaa tutkimusta kuin ainoastaan yhden toimijan kanssa. Toimijoiden kilpailuttamisella saattaisi olla mahdollista saavuttaa vaihtoehtoisia ratkaisuja ja kustannussäästöjä komponenteissa ja suunnittelussa. Tutkijan näkökulmasta voidaan kuitenkin todeta, että nyt tarjouksen tehneen toimittajan konsepti ja toiminta painaa vaakakupissa enemmän kuin arvioidut kustannussäästöt vaihtoehtoisella toimijalla.

## Lähteet

- Alhola, K. Lauslahti, S. 2006. Laskentatoimi ja kannattavuuden hallinta. Porvoo: Werner Söderström Osakeyhtiö 1.-5. painos
- Boston Dynamics. <https://www.bostondynamics.com/atlas>. Artikkelin toimittajan sivuilta (Lainattu 14.10.2019)
- Executive Summary World Robotics 2019 Industrial Robots  
<https://ifr.org/downloads/press2018/Executive%20Summary%20WR%202019%20Industrial%20Robots.pdf> (LAINATTU 1.10.2019)
- Graetz, G. Michaels, G. Robots at work. [https://www.mitpressjournals.org/doi/pdf/10.1162/rest\\_a\\_00754](https://www.mitpressjournals.org/doi/pdf/10.1162/rest_a_00754) (Lainattu 15.10.2019)
- Kaartinaho, P. Henkilökohtainen tiedonanto 28.10.2019
- Kaartinaho, P. Henkilökohtainen tiedonanto 1.4.2020
- Kaydos, W. 1999. Operationa Performance Measurement: Increasing Total Productivity. USA: CRC Press LLC
- Keinänen, T., Sumujärvi, M. 2019. Automaatiotekniikka. Helsinki: Sanoma Pro
- Kuivanen, R. 1999. Robotiikka. Vantaa: Talentum Oyj
- Laakso, O. Rintamäki, T. 2003. Aaltopahvin valmistus ja jalostus. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy 2. korjattu ja päivitetty painos
- Leseure, M. 2010. Key concepts in operations management. Los Angeles: SAGE.
- Lexico powered by Oxford. Viitattu 25.9.2019  
<https://www.lexico.com/en/definition/robot>
- Peltonen, A. 1997. Tuottava tehdas. Helsinki: Hakapaino Oy
- Puolamäki, E. Ruusunen, P. 2009. Strategiset investoinnit. Porvoo: WS Bookwell Oy
- Rouhiainen, L. 2018. 101 things you must know today about future. USA: Cindy Estra
- Saari, S. 2006. Tuottavuus. Teoria ja mittaaminen liiketoiminnassa. Vantaa: Dark Oy

Santos, J., Wysk, R. A. & Torres, J. M. 2006. Improving production with lean thinking. Hoboken, N.J.: John Wiley

Siukkonen, T., Neittaanmäki, P. 2019. Mitä tulisi tietää tekoälystä. Jyväskylä: Docento

Stora Enso Historia ( <https://www.storaenso.com/fi-FI/about-stora-enso/our-history>) Lainattu 26.10.2019

Valtionvarainministeriö. Pilkahduksia tulevaisuuteen.  
<https://vm.fi/documents/10623/0/Pilkahduksia+tulevaisuuteen/6f8bab2a-ded0-1dd2-cfdd-9dd0d5fda151/Pilkahduksia+tulevaisuuteen.pdf?version=1.0>. Artikkel. (Lainattu 15.10.2019)

## **Liitteet**

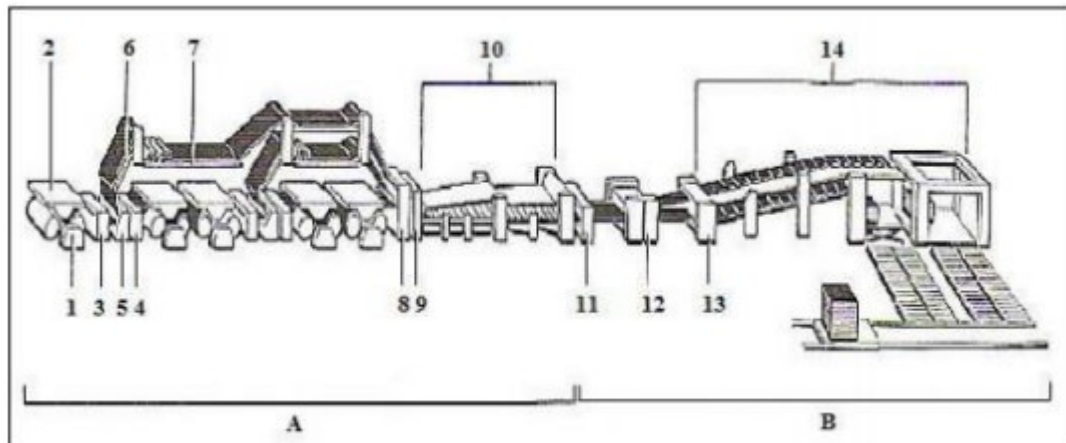
### **Liite 1. Suorituskyky- ja kustannuslaskelma**

Tämä osio on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus.

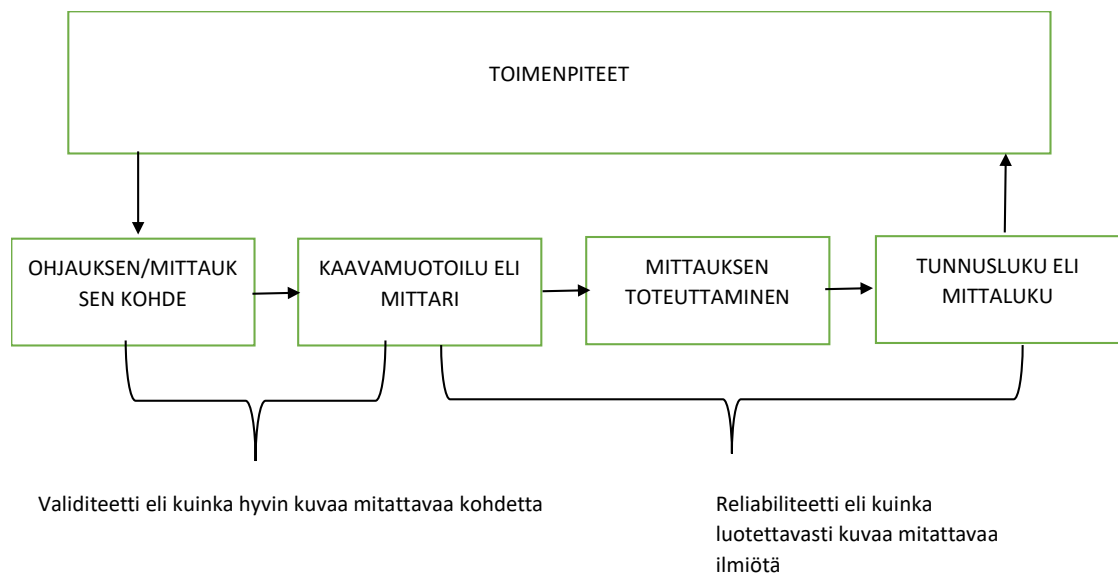
### **Liite 2. Valitun konseptin mukainen suorituskyky ja kustannukset**

Tämä osio on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus.

## Kuviot



Kuvio 1. (Laakso&Rintamäki 2003, 33) Aaltopahvikoneen rakenne



Kuvio 2. (Saari 2006, 41) Tunnusohjuksen periaatteet

### Kuvio 3. Konsepti 1

Tämä osio on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus.

### Kuvio 4. Konsepti 2

Tämä osio on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus.

### Kuvio 5. Konsepti 3

Tämä osio on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus.

### Kuvio 6. Robotin sijoittaminen tehdasalueelle 19.3.2020

Tämä osio on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus.

### Kuvio 7. Robotin tulevan sijoituspaikan nykytila

Tämä osio on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus.

### Kuvio 8. Robotin tulevan sijoituspaikan nykytila

Tämä osio on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus.

#### Kuvio 9. Perusarvot

Tämä osio on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus.

#### Kuvio 10. Investoinnin poistosuunnitelma

Tämä osio on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus.

#### Kuvio 11. Investoinnin tuottolaskelma

Tämä osio on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus.

#### Kuvio 12. Käyttöpääoma

Tämä osio on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus.

#### Kuvio 13. Kassavirtalaskelma

Tämä osio on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus.

#### Kuvio 14. Tase

Tämä osio on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus.

#### Kuvio 15. Kannattavuusanalyysi/Tulokset

Tämä osio on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus.

#### Kuvio 16. Uusi prosessikuvaus

Tämä osio on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus.